

Università degli Studi di Napoli “Federico II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Corso di Processi Chimici per il Trattamento
di Acque Contaminate

EFFETTO LOTO

Andrea Iannotta
M55/501

Fiore di loto (Nelumbo)

Famiglia: Nelumbonaceae

Caratteristiche:

Foglie diametro oltre 1m

Altezza 80cm-1m

Fiore oltre 20 petali

Profumato

Necessitano:

Molte ore di esposizione alla luce solare

Terreno pesante composto da argilla e limo

15-20cm di acqua

Usi:

Pianta ornamentale per laghetti o stagni

Frutti per composizioni ornamentali

Petali sono usati come alimento

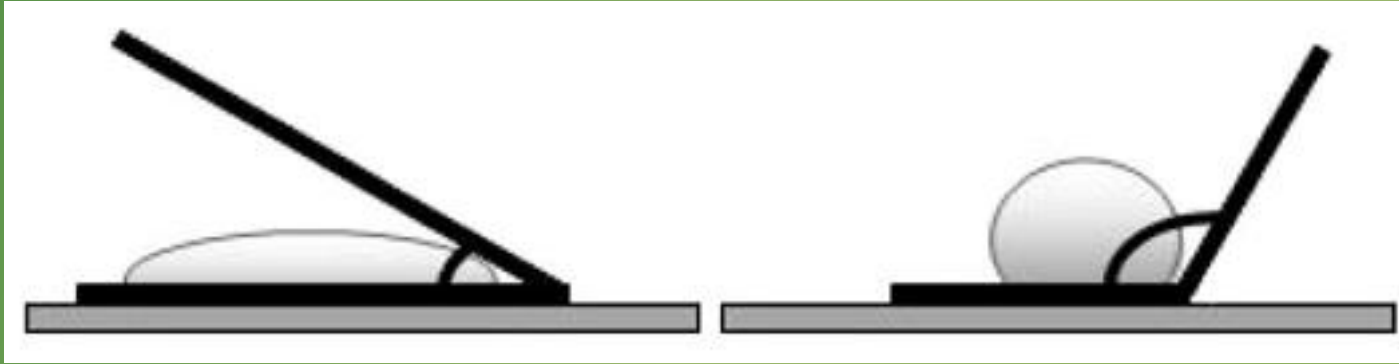
Foglie come recipienti

Vestiti di lusso



Idrofobicità

L'idrofobicità è calcolata dall'**angolo di contatto**. L'angolo di contatto è definito come l'angolo formato dall'intersezione dell'interfaccia solido-liquido e solido-vapore.



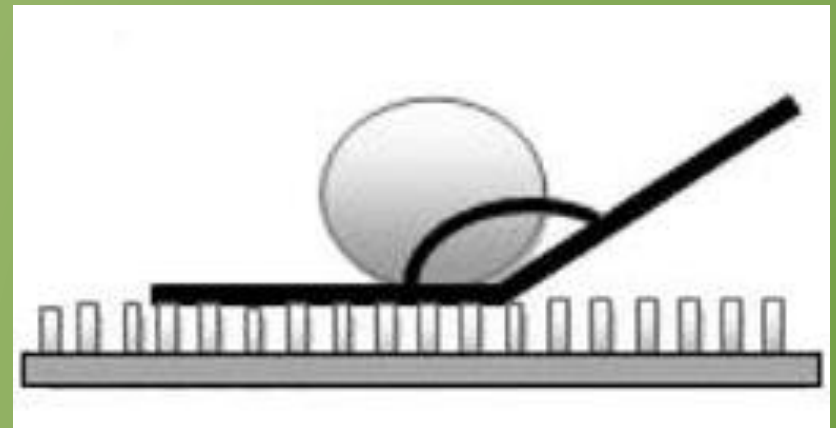
Bassi angoli ($\ll 90^\circ$) di contatto corrispondono ad alta bagnabilità $\rightarrow$ **superficie idrofilica**

Alti angoli di contatto ($\gg 90^\circ$) corrispondono ad una bassa bagnabilità $\rightarrow$ **superficie idrofobica**

Per angoli superiori a 150° il contatto fra superficie e goccia è bassissimo



Superficie super-idrofobica



Calcolo angolo di contatto

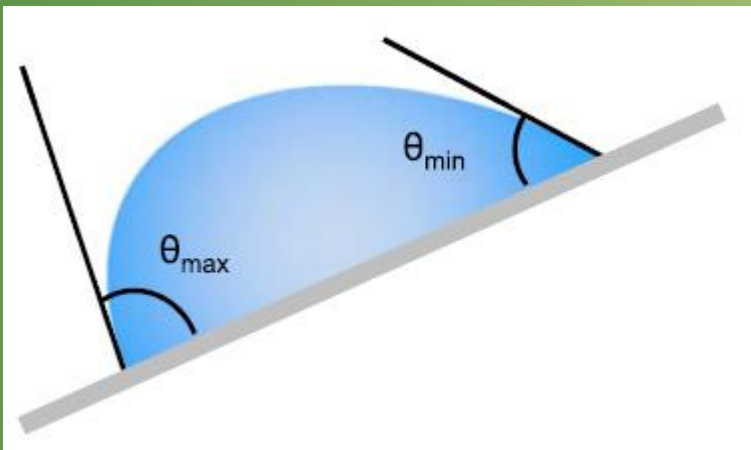
L'angolo di contatto dipende:
-dalla tensione superficiale
-forze esterne



Equazione di Young:

$$\gamma_{lv} \cos \theta = \gamma_{sv} - \gamma_{sl}$$

γ_{lv} → tensione interfacciale liquido-vapore
 γ_{sv} → tensione interfacciale solido-vapore
 γ_{sl} → tensione interfacciale solido-liquido



Isteresi

$$H = \theta_a - \theta_r$$

θ_a → advancing angle

θ_r → receding angle

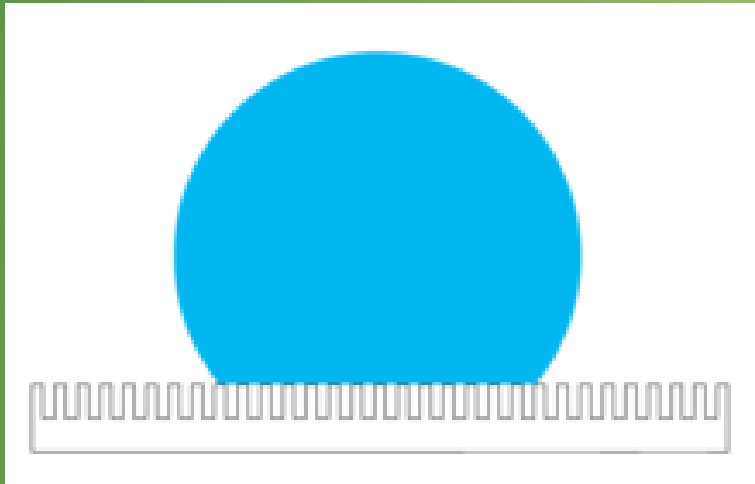
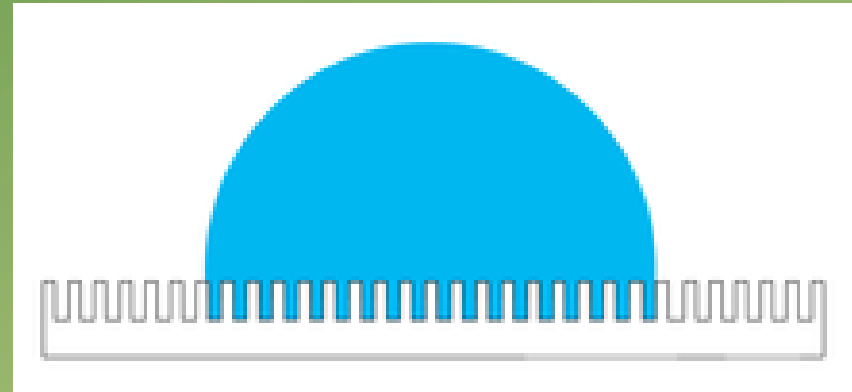
Equazione di Wenzel:

$$\cos\theta^* = r \cos\theta$$

$\theta^* \rightarrow$ apparent contact angle

$\theta \rightarrow$ Young contact angle

$r \rightarrow$ rapporto di rugosità (area reale solido/area apparente)



Equazione di Cassie Baxter

$$\cos\theta^* = r_f f \cos\theta + f - 1$$

$f \rightarrow$ frazione di solido bagnata dal liquido

Strumenti di misura

“Telescopio-Goniometrico”



- Stage per campione
- Pipetta micrometrica
- Fonte di illuminazione
- Telescopio equipaggiato con goniometro oculare

Vantaggi

- Piccole quantità di liquido
- Piccole quantità di substrato
- Può essere usato anche in dinamico

Svantaggi

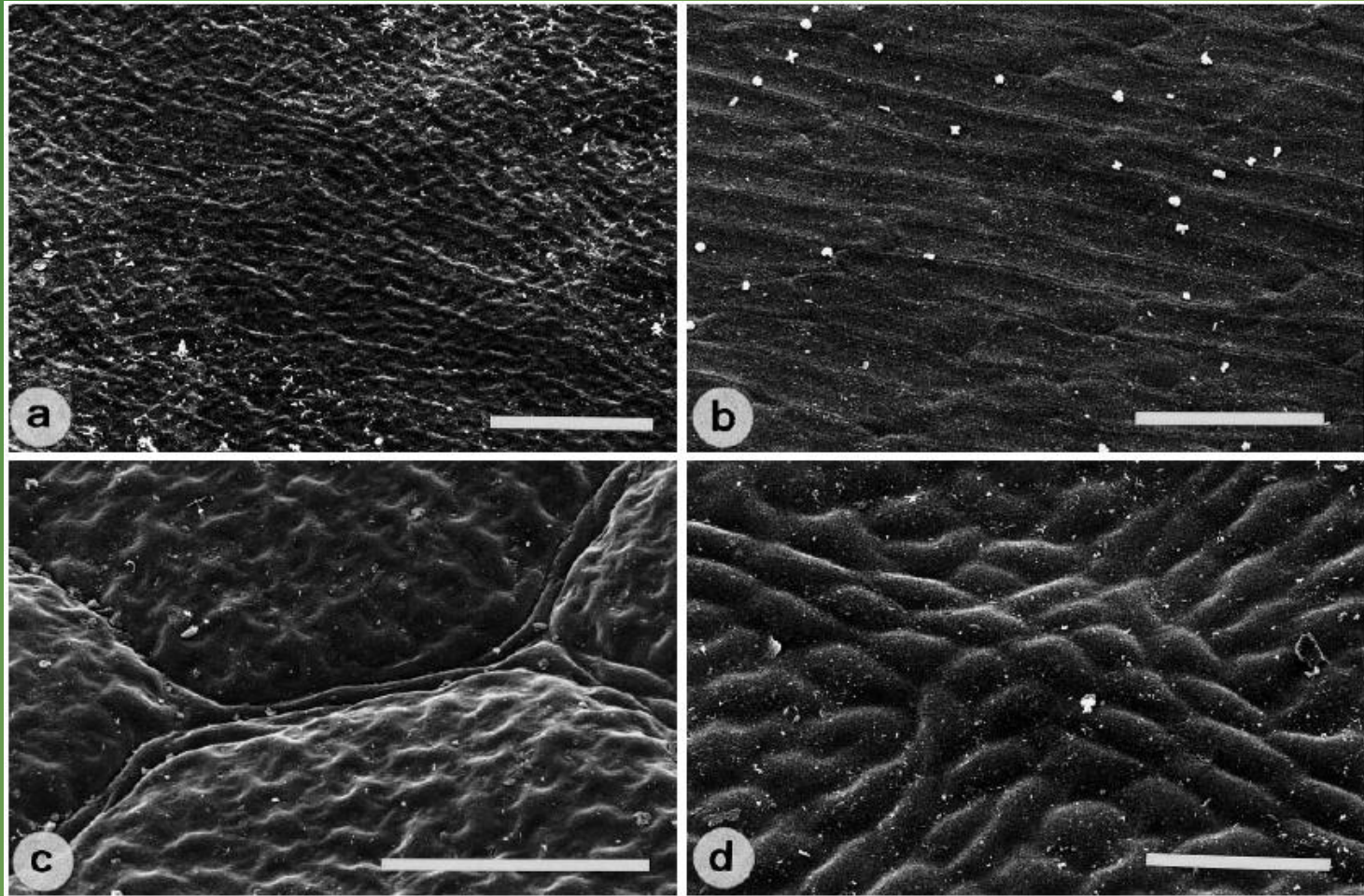
- Alto rischio impurità
- Difficoltà per angoli $<20^\circ$

Risultati di esperimenti

Gli esperimenti sono stati eseguiti su campioni di 1cm² di foglie giovani tagliate nella parte centrale, poste su un vetrino biadesivo in modo da garantire l'uniformità della superficie. Sono state realizzate gocce da 10µm e misurato l'angolo di contatto statico con un microscopio orizzontale.

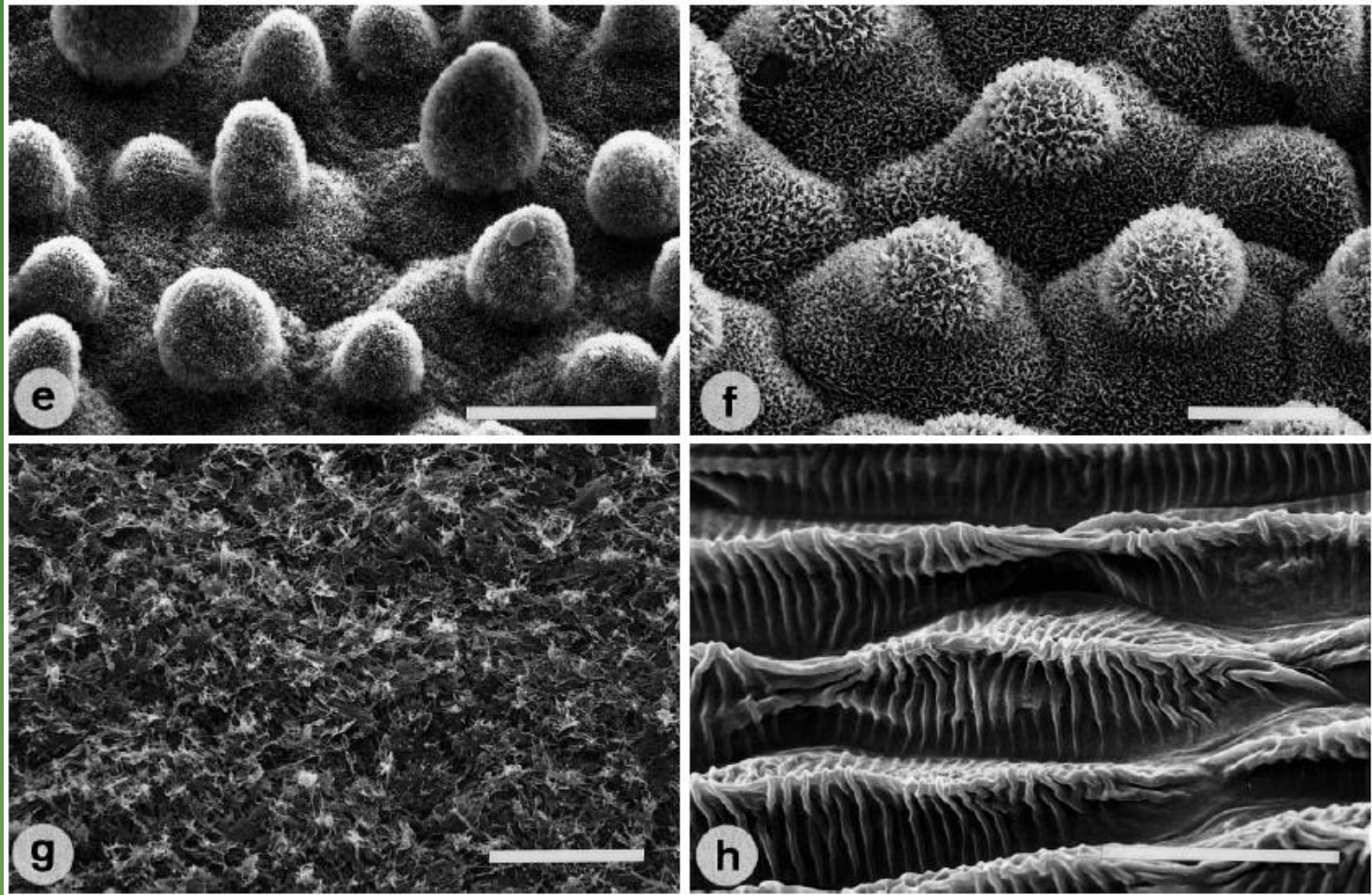
Plant species	CA
<i>Heliconia densiflora</i>	28.4 ± 4.3
<i>Gnetum gnemon</i>	55.4 ± 2.7
<i>Magnolia denudata</i>	88.9 ± 6.9
<i>Fagus sylvatica</i>	71.7 ± 8.8
<i>Nelumbo nucifera</i>	160.4 ± 0.7
<i>Colocasia esculenta</i>	159.7 ± 1.4
<i>Brassica oleracea</i>	160.3 ± 0.8
<i>Mutisia decurrens</i>	128.4 ± 3.6

Scanning Electron Microscopy (SEM)



Scanning electron micrographs of the adaxial leaf surface of smooth, wettable (a-d) and rough, water repellent (e-h) leaf surfaces. The smooth leaves of *Gnetum gnemon* (a) and *Heliconia densiflora* (b) are almost completely lacking microstructures while those of *Fagus sylvatica* (c) and *Magnolia denudata* (d) are characterized by sunken and raised nervature, respectively. The rough surfaces of *Nelumbo nucifera* (e) and *Colocasia esculenta* (f) are characterized by papillose epidermal cells and an additional layer of epicuticular waxes. *Brassica oleraces* leaves (g) are densely covered by wax crystalloids without being papillose, and the petal surfaces of *Mutisia decurrens* (h) are characterized by cuticular folds. Bars: 100 μm (a-d) and 20 μm (e-h).

Scanning Electron Microscopy (SEM)



Scanning electron micrographs of the adaxial leaf surface of smooth, wettable (a-d) and rough, water repellent (e-h) leaf surfaces. The smooth leaves of *Gnetum gnemon* (a) and *Heliconia densiflora* (b) are almost completely lacking microstructures while those of *Fagus sylvatica* (c) and *Magnolia denudata* (d) are characterized by sunken and raised nervature, respectively. The rough surfaces of *Nelumbo nucifera* (e) and *Colocasia esculenta* (f) are characterized by papillose epidermal cells and an additional layer of epicuticular waxes. *Brassica oleraces* leaves (g) are densely covered by wax crystalloids without being papillose, and the petal surfaces of *Mutisia decurrens* (h) are characterized by cuticular folds. Bars: 100 μm (a-d) and 20 μm (e-h).

Proprietà autopulenti

CONTAMINANTI

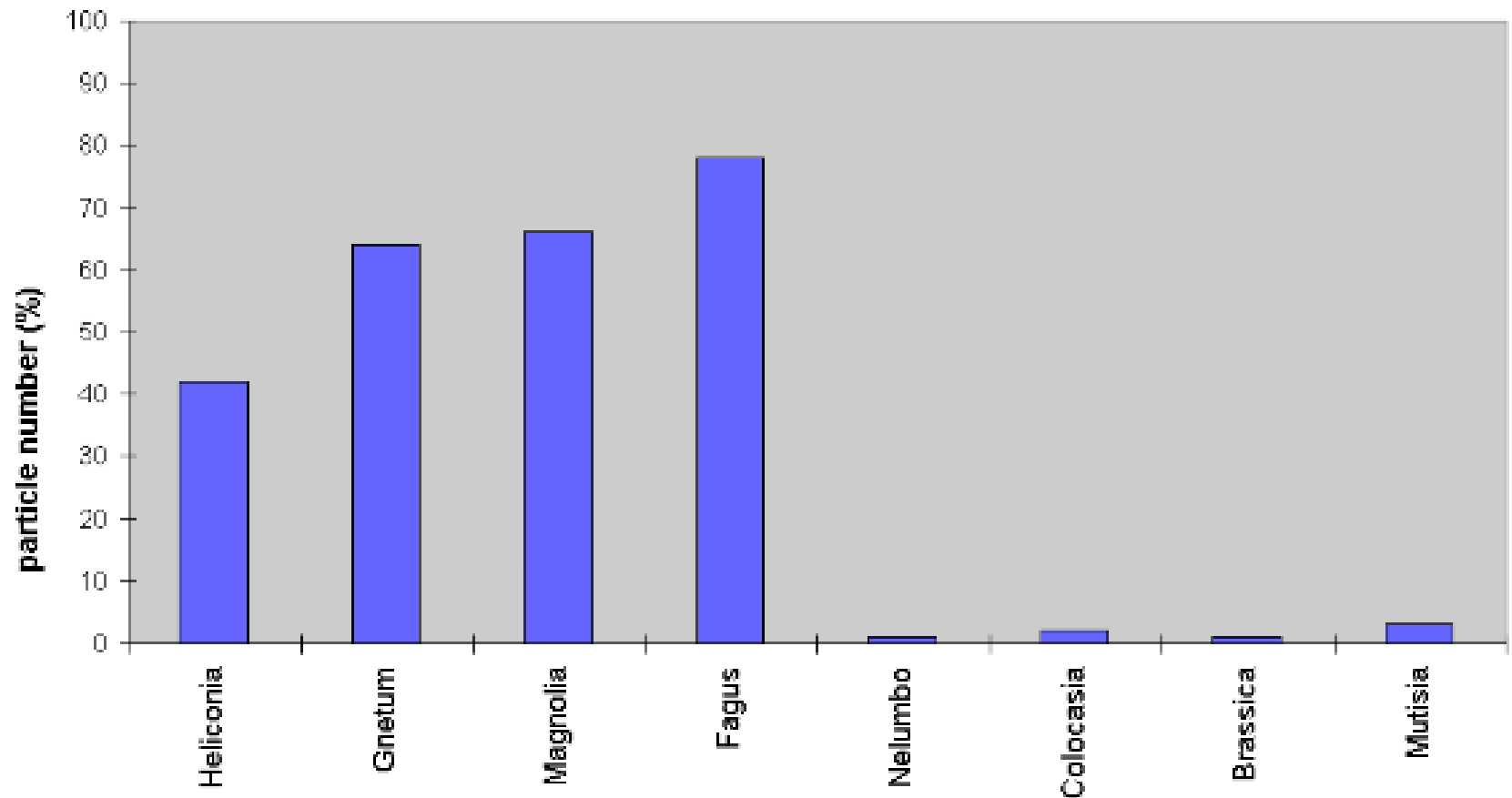
Le foglie sono state contaminate con particelle di diversa grandezza e taglia:

- Solfato di Bario (5-30 μm)
- polvere di carburo di silicio 360 (5-25 μm)
- polvere di carburo di silicio 1200 (0,5-3,5 μm)
- Biossido di titanio (1-20 μm)
- Sudan-III (1-20 μm)
- spore dell'albero Cibotium schiedei (20 μm)
- conidi di muffa grigia Botrytis cinerea (20-30 μm) e Tilletia caries(20 μm)

METODO

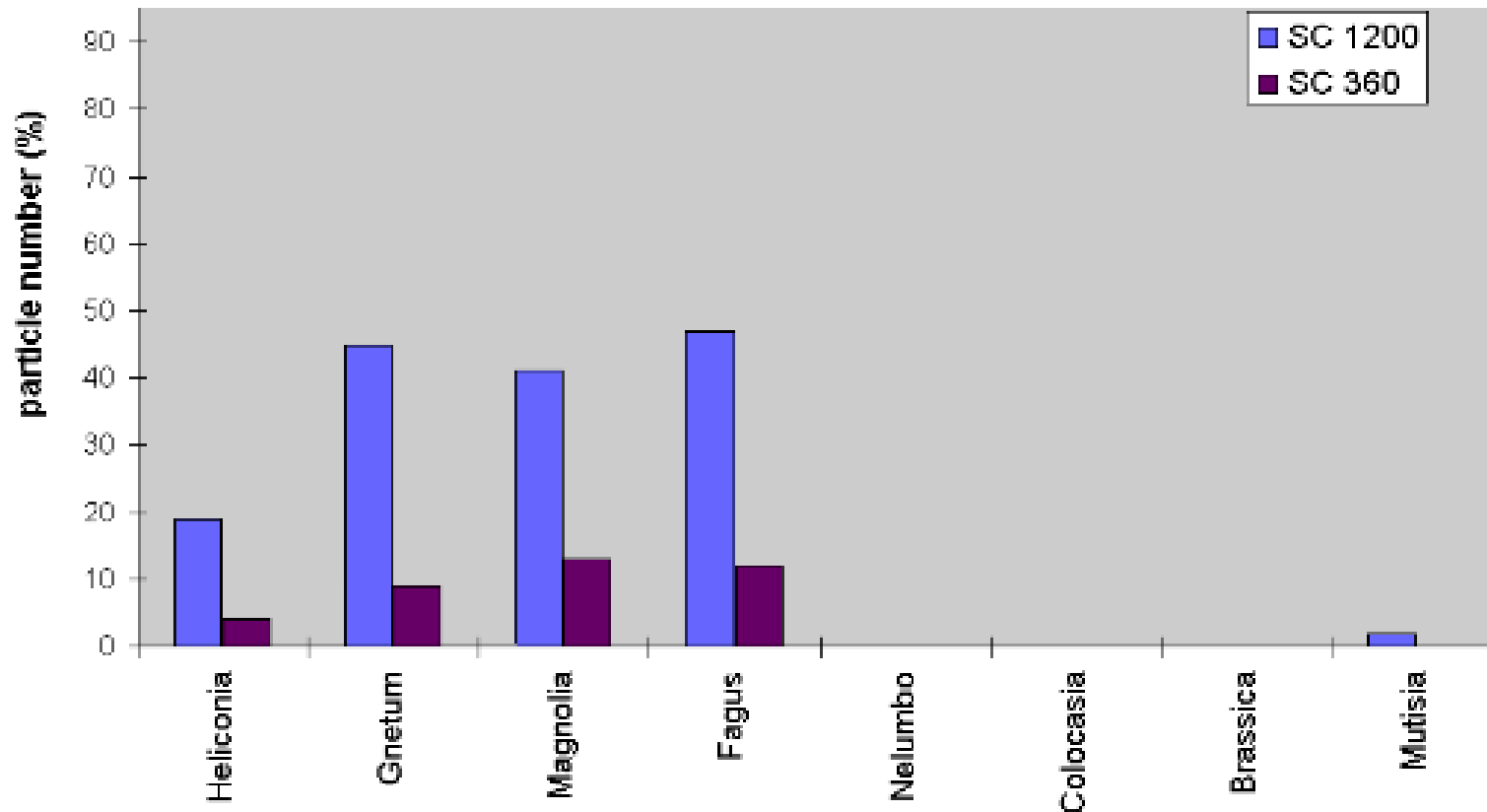
Intere piante o singole foglie sono state poste in una camera di contaminazione, i contaminanti sono stati flussati nella parte superiore della camera da aria pressurizzata. Dopo 15s, quando la maggior parte dei contaminanti sono sedimentati, i campioni sono rimossi e sottoposti a pioggia naturale o artificiale con un'inclinazione delle foglie di 15°. La pioggia artificiale è simulata in uno spruzzatore che produce gocce da 0.5 a 3.0 mm. I campioni sono stati anche sottoposti ad un trattamento a nebbia con gocce di 1-20 μm .

Risultati



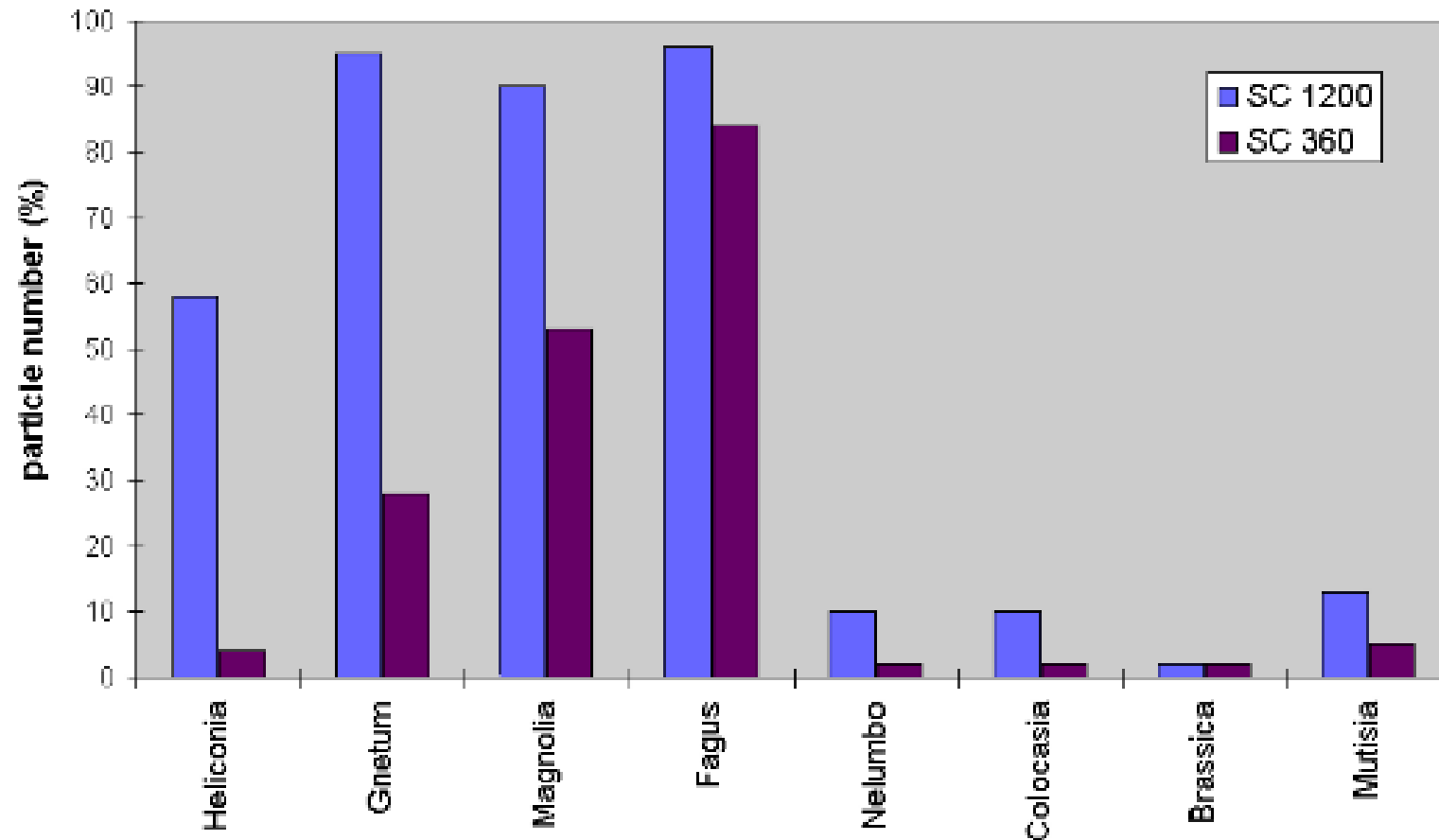
Results summarizing four series of contamination experiments carried out with Sudan III, bariumsulfate, *Cibotium schiedei* spores and *Botrytis cinerea* conidia. The columns represent the mean values of the percentage of particles remaining on smooth and rough leaves after artificial rinsing; initial number set as 100%.

Risultati



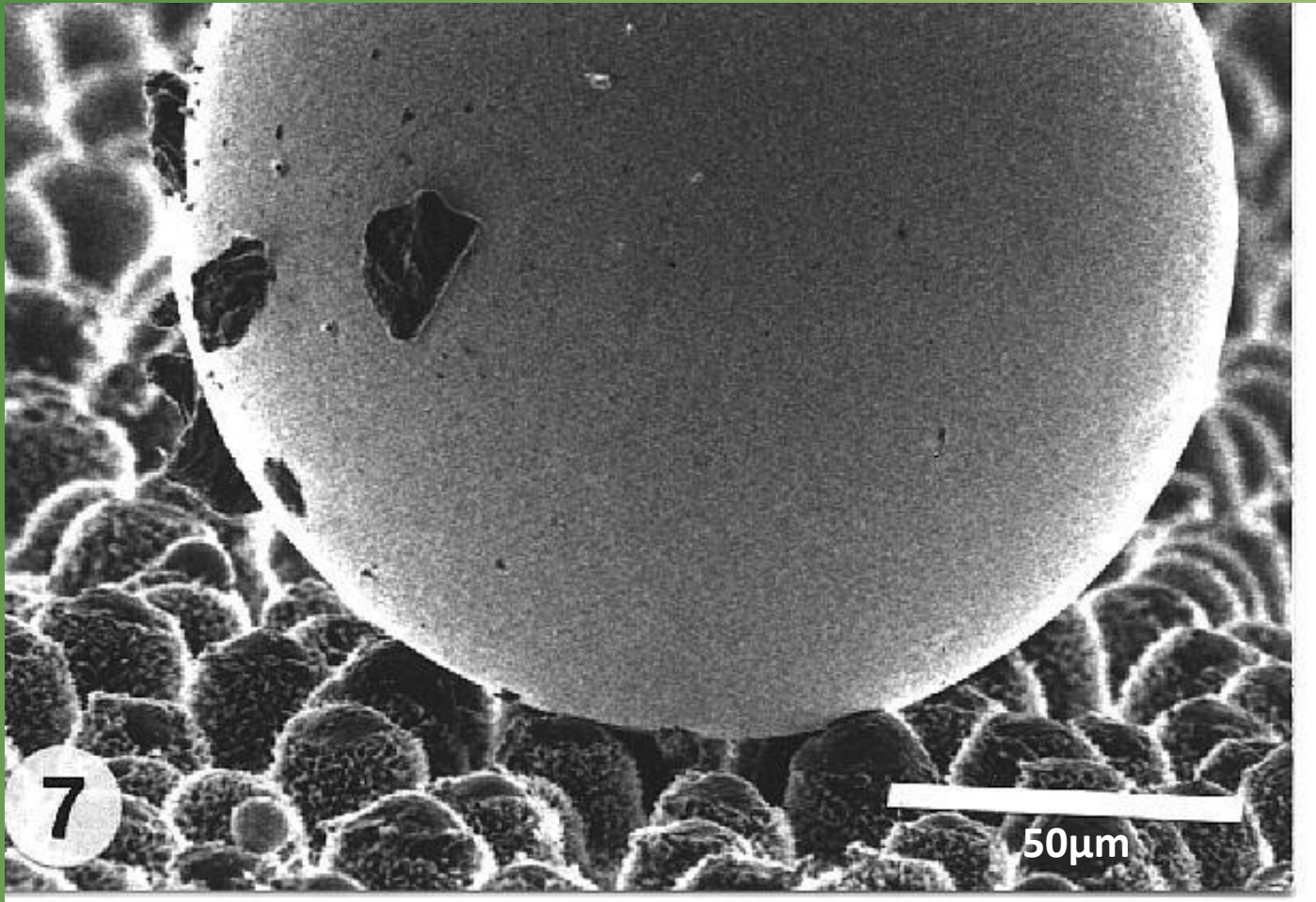
Particles remaining on smooth and rough leaf surfaces after artificial contamination with siliciumcarbide of two different grain sizes and exposure to a natural rain storm. While rough surfaces are completely cleaned, smooth surfaces retain 5-50 % of the particles, depending on the particle size.

Risultati



Particles remaining after artificial contamination with siliciumcarbide 360 and 1200, subjected to 1 mm artificial fog at 15° inclination angle. Among species with water repellent surfaces the ones with epidermal papillae retain a small amount of very fine particles.

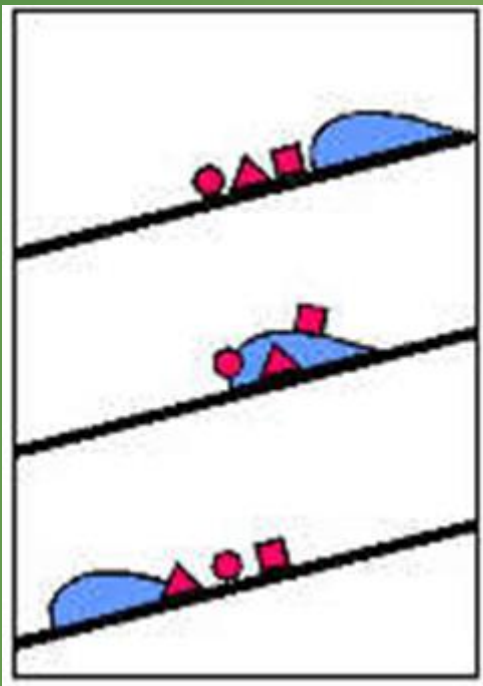
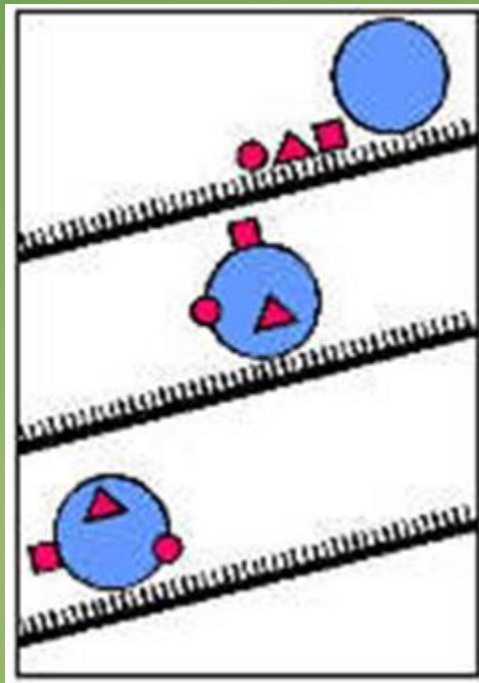
Nel caso di superfici ruvide l'aria è bloccata tra la goccia e il cristalloide epicuticolare formando una superficie composita, la quale aumenta l'interfaccia aria-acqua e diminuisce quella solido-acqua.



Le particelle contaminanti sono in genere più grandi rispetto alle microstrutture e restano in cima ad esse.

Le gocce di acqua scorrendo sulle particelle le rimuove.

Per le superfici lisce, la quantità di specie rimosse dipende essenzialmente dalla bagnabilità.



Per superfici con angolo di contatto molto alto la velocità delle goccioline sulla superficie è bassa, le particelle sono spostate sul lato della gocciolina e riposte dietro.

Al contrario superfici lisce con bassi angoli di contatto l'acqua scorre velocemente trasportando le particelle sul fronte liquido.

Applicazioni

Per replicare l'effetto loto sono state sviluppate diverse nanotecnologie al fine di creare superfici superidrofobiche e autopulenti, le quali permettono di prevenire la formazione di ruggine, creare strutture antighiaccio, migliorare l'igiene ecc...

Trattamenti chimici

Superfici trasparenti idrofobiche e oleofobiche sono realizzate con il processo sol-gel. Si parte da materiali detti silani, i quali possono essere modificati con alcune sostanze chimiche (composti del fluoro). Particelle nanometriche sono ottenute attraverso reazioni chimiche in soluzione. Queste particelle disperse costituiscono il sol. Facendo evaporare la soluzione si ottiene un gel viscoso di particelle concatenate in una densa matrice. Una volta asciutta la sostanza forma un layer compatto.

Problemi superfici idrofobiche:

- Effetto loto diminuisce nel tempo
- Le superfici con effetto loto sono opache
- Tensioattivi

Laser pulsato a femtosecondi

Per ottenere l'effetto loto campione di metalli possono essere lavorati con un laser pulsato a femtosecondi, il quale produce delle microscalature su cui si formano nanostrutture granulose. La struttura altera la superficie dei tre materiali conferendole proprietà idrofobiche.

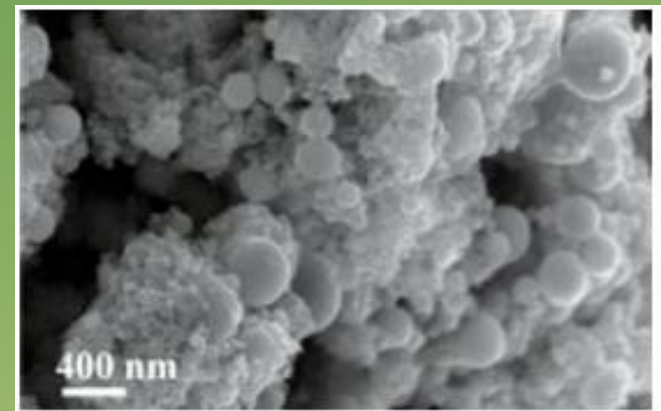
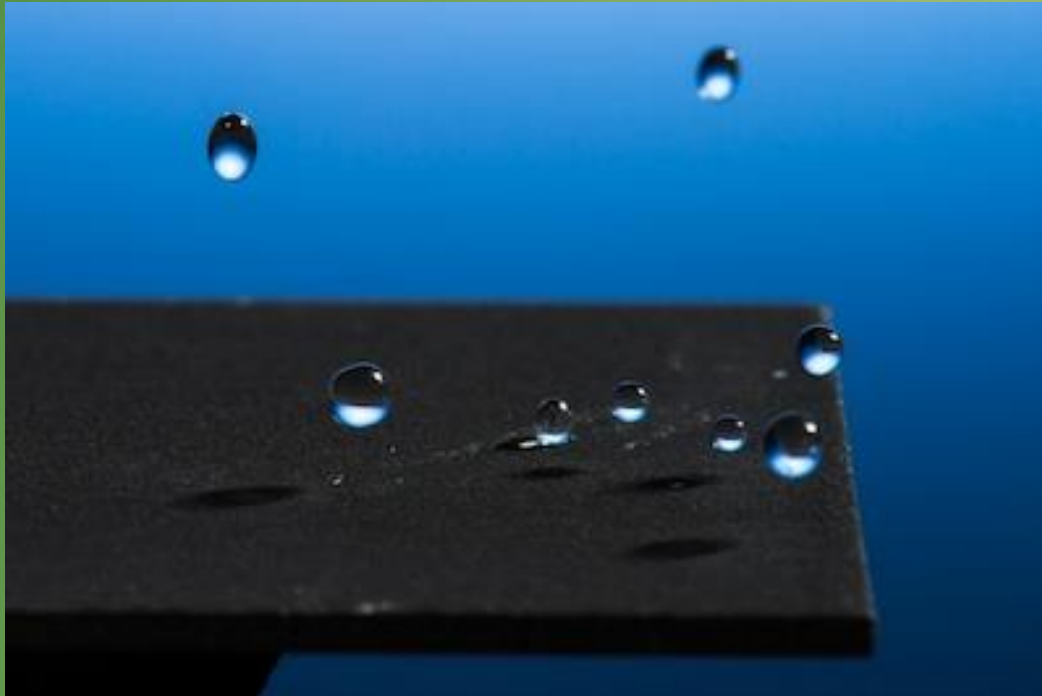


Fig. 1 A femtosecond laser created detailed hierarchical structures in the metals, as shown in this SEM image of the platinum surface. (Source: The Guo Lab, U. Rochester)

Le nano- e microstrutture create dal laser sono cambiamenti intrinseci al metallo.

Tessuti autopulenti e idrorepellenti

Le società svizzere HeiQ e Schoeller Textill hanno sviluppato dei tessuti autopulenti e idrorepellenti conosciuti come **HeiQ Eco Dry** e **nanosphere**.

