

res
rete di educazione
agricola e ambientale
dell'Emilia-Romagna

arpae
agenzia
promozione
ambiente energie
emilia-romagna

Regione
Emilia-Romagna
2030

cambia il clima
Ambiente
Energie

CRISI CLIMATICA

WEBINAR 21-01-2021

14:30-16:30

Francesca Rapparini



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per la BioEconomia

Dipartimento di Scienze Bio Agroalimentari

**I meccanismi fisiologici vegetali dalla
singola foglia alla pianta intera**

RESILIENZA URBANA

Queste quattro specie arboree hanno lo stesso diametro del fusto ma sono molto diverse:

- 1) Capacità di sequestrare CO₂
- 2) Intercettazione e mitigazione degli inquinanti
- 3) Capacità di traspirazione e relativa riduzione della temperatura dell'aria
- 4) Capacità di rilasciare VOC



STRUTTURA della pianta: a livello di scala *MACRO*



- 1. Quali sono i processi fisiologici della pianta che guidano i servizi ecosistemici?**
- 2. Ma cosa influenza questi processi?**
- 3. Come sono catturate le PM dalle foglie?**
- 4. Emissione di VOC dalle foglie: servizi o disservizi?**

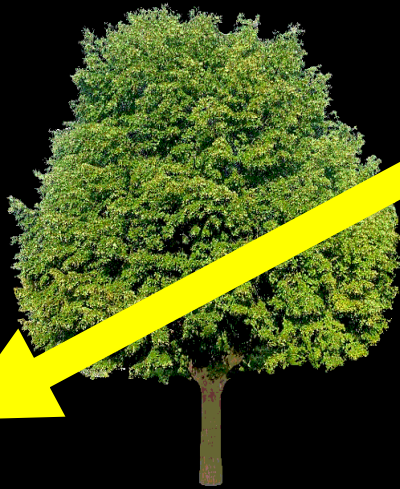
Dal *MACRO* al *MICRO*

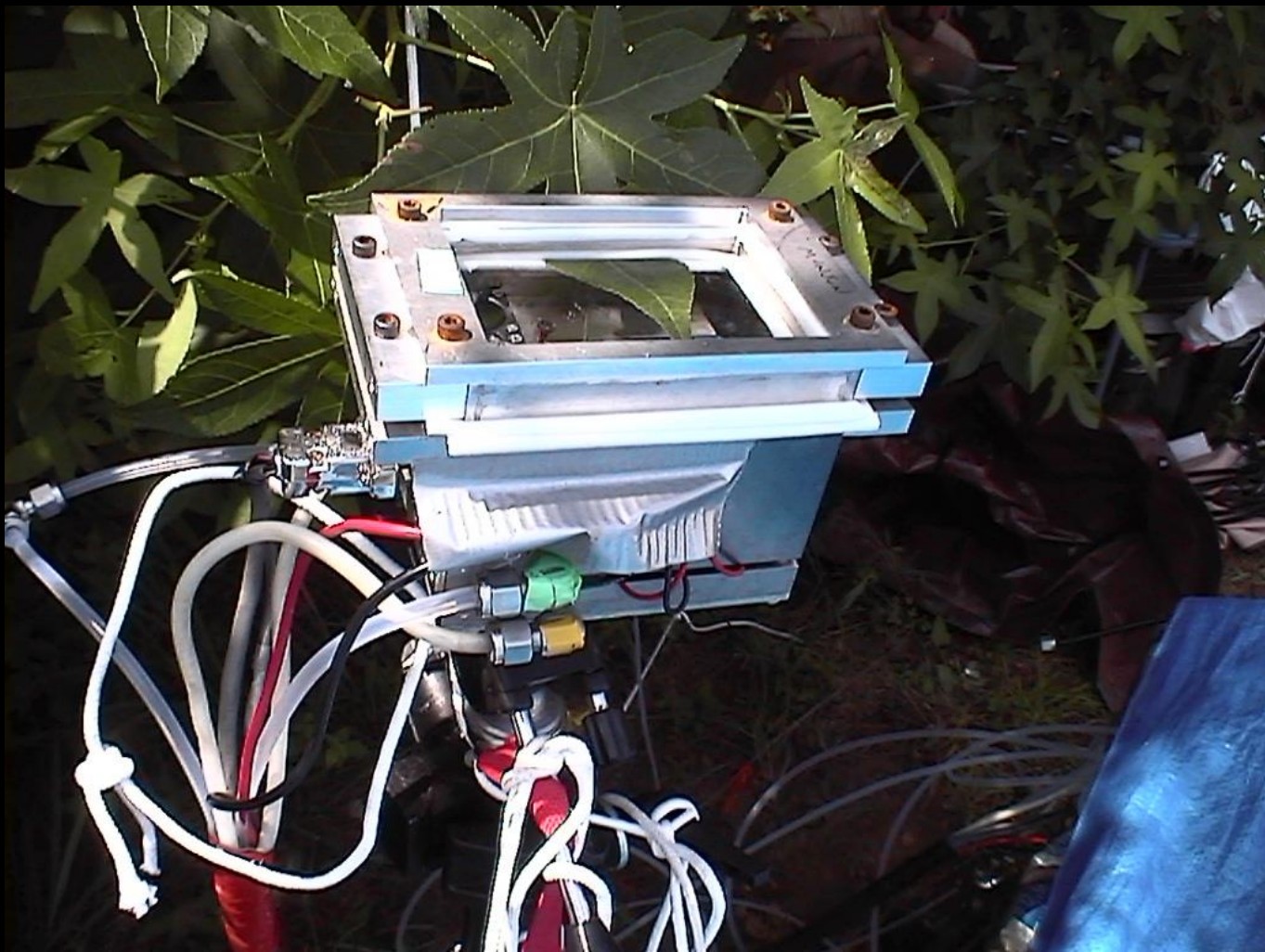
ATMOSFERA

ECOSISTEMA

PIANTA

FOGLIA



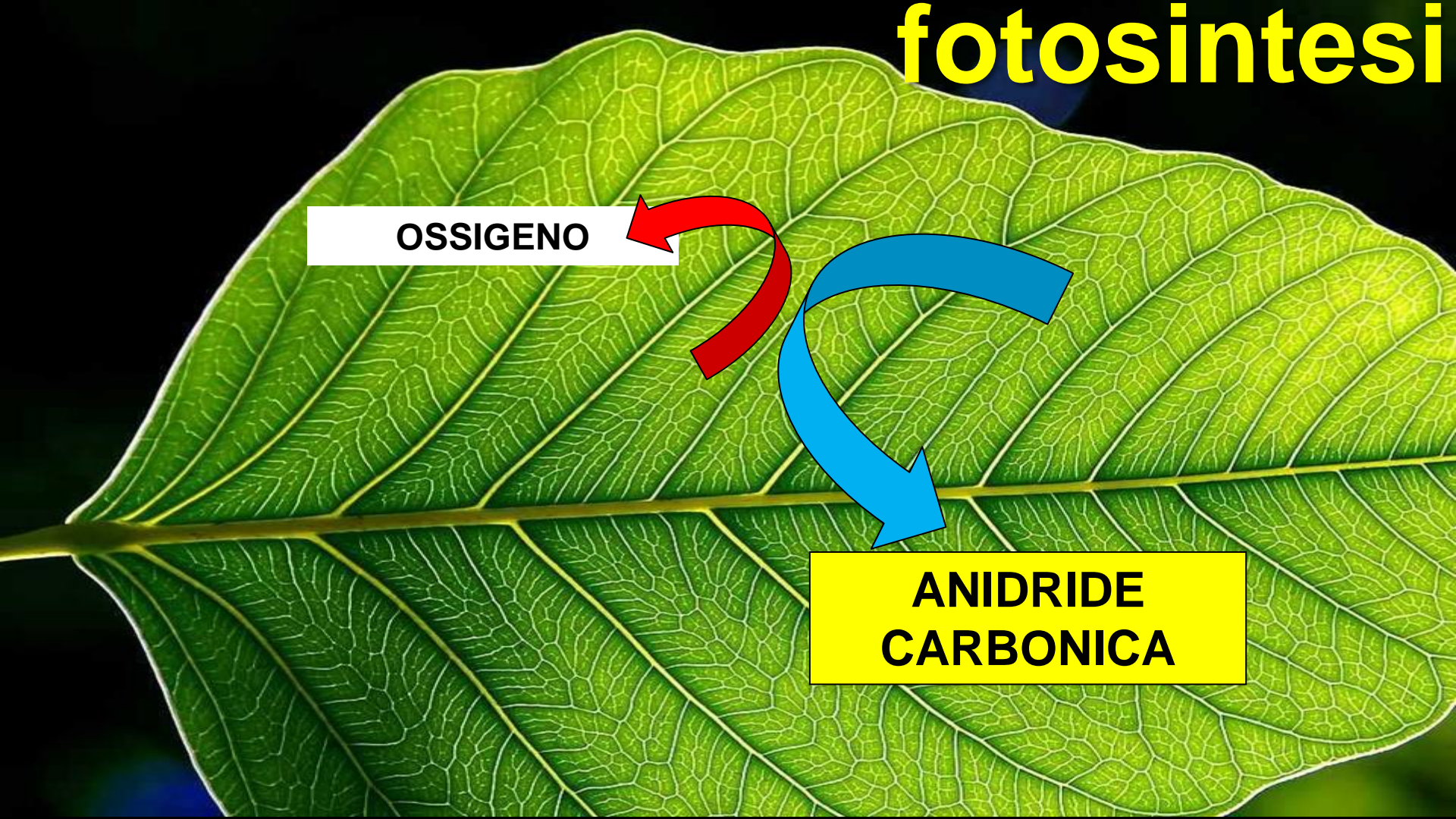


1. Quali sono i processi fisiologici della pianta che guidano i servizi ecosistemici?

fotosintesi

OSSIGENO

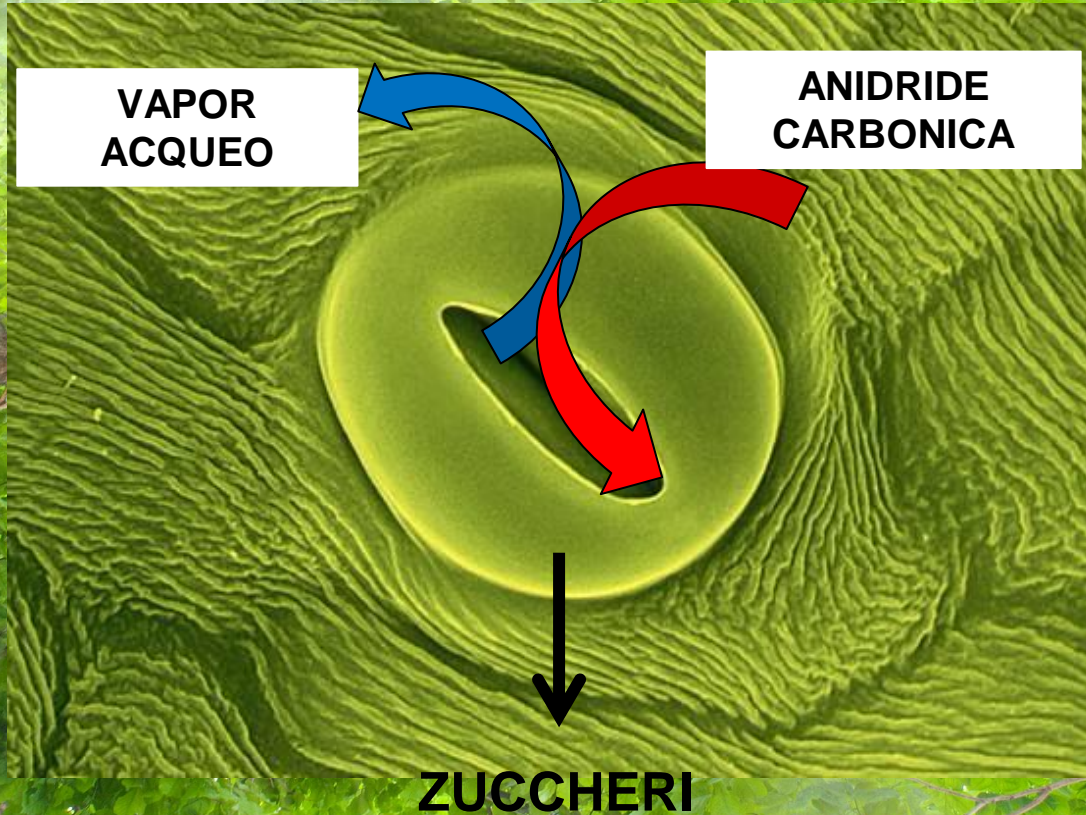
ANIDRIDE
CARBONICA





Durante il giorno

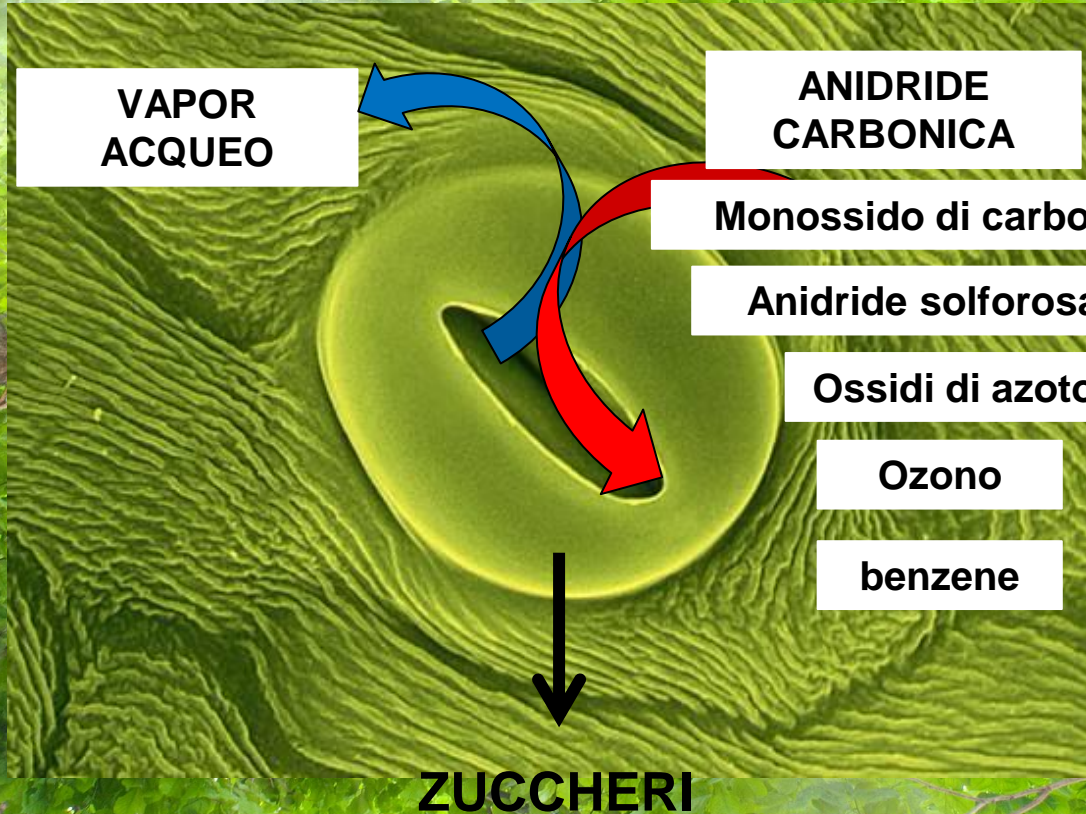
**T
R
A
S
P
I
R
A
Z
I
O
N
E**



**F
O
T
O
S
I
N
T
E
S
I**

Durante il giorno

**T
R
A
S
P
I
R
A
Z
I
O
N
E**



**F
O
T
O
S
I
N
T
E
S
I**

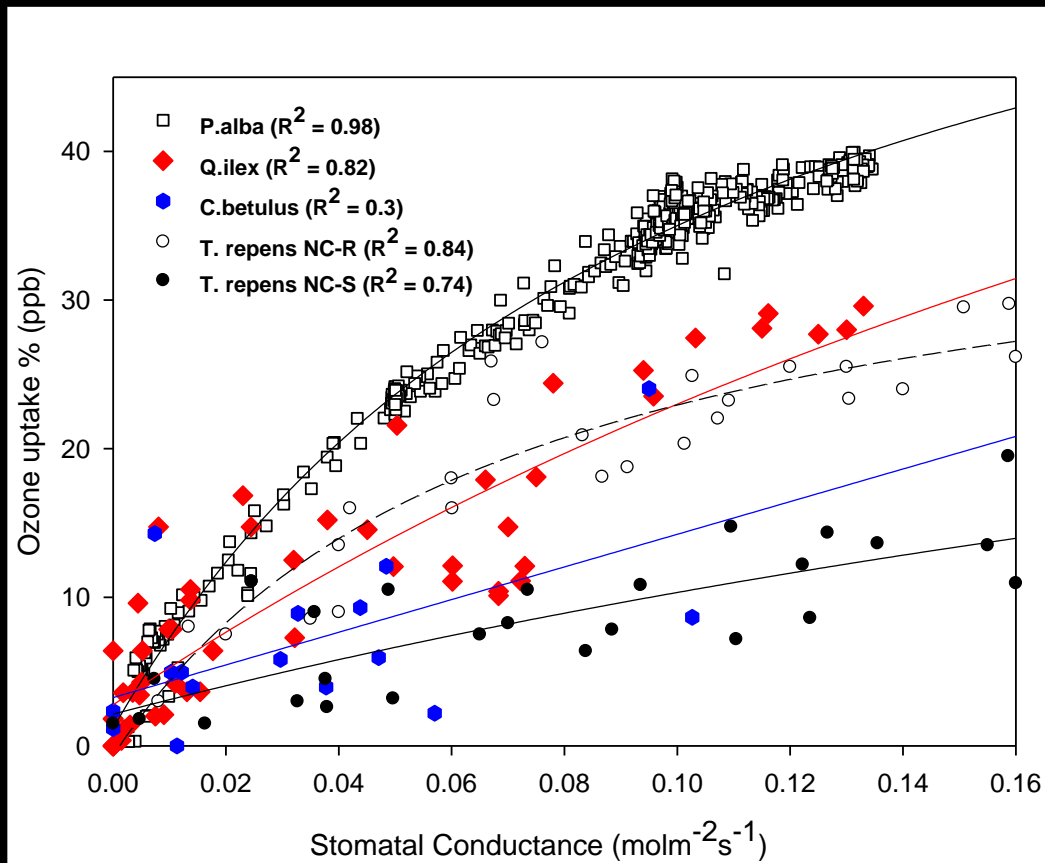
Tabella 2: Assorbimento medio di CO₂, conduttanza stomatica e traspirazione delle diverse specie vegetali utilizzate nell'inerbimento del tetto

Nome Specie	ASSORBIMENTO DI CO ₂ , CONDUTTANZA STOMATICA E TRASPIRAZIONE					
	ASSORBIMENTO DI CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		CONDUTTANZA STOMATICA ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		TRASPIRAZIONE ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	media	es	media	es	media	es
1. <i>Lonicera pileata</i>	8.62	± 0.45			1.96	± 0.13
2. <i>Filipendula purpurea</i>	6.05	± 0.22	0.08	± 0.00	1.84	± 0.08
3. <i>Filipendula vulgaris kaome</i>	9.19	± 0.30	0.18	± 0.01	3.53	± 0.19
4. <i>Salvia nemerosa</i>	13.76	± 0.43	0.24	± 0.02	4.11	± 0.20
5. <i>Solidago praecox</i>	6.71	± 0.30	0.08	± 0.01	1.94	± 0.12
6. <i>Rudbeckia sullivanti goldsturm</i>	11.33	± 0.16	0.16	± 0.01	3.46	± 0.06
7. <i>Gaura lindeimeri</i>	7.24	± 0.41			2.49	± 0.16
8. <i>Erigeron karvischianum</i>	17.09	± 0.76			5.16	± 0.30
9. <i>Campanula persicifolia</i>	9.16	± 0.38	0.16	± 0.01	4.46	± 0.18
10. <i>Veronica longifolia</i>	13.71	± 0.44	0.20	± 0.01	4.13	± 0.24
11. <i>Origanum vulgare</i>	8.26	± 0.39			2.78	± 0.12
12. <i>Satureja repandens</i>	6.37	± 0.21			1.99	± 0.07
13. <i>Achillea millefolium</i>	16.10	± 0.77	0.25	± 0.01	6.07	± 0.26
14. <i>Hypericum moserianum</i>	5.90	± 0.34	0.04	± 0.00	1.31	± 0.11
16. <i>Sedum spectabile</i>	6.00	± 0.28	0.19	± 0.06	2.29	± 0.23

Assorbimento medio di CO₂, conduttanza stomatica e traspirazione delle diverse specie vegetali utilizzate nell'inerbimento del tetto

Specie	CONDUTTANZA STOMATICA ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		TRASPIRAZIONE ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	media	es	media	es
1. <i>Lonicera pileata</i>	0.00	± 0.00	1.96	± 0.13
2. <i>Filipendula purpurea</i>	0.08	± 0.00	1.84	± 0.08
3. <i>Filipendula vulgaris kaome</i>	0.18	± 0.01	3.53	± 0.19
4. <i>Salvia nemerosa</i>	0.24	± 0.02	4.11	± 0.20
5. <i>Solidago praecox</i>	0.08	± 0.01	1.94	± 0.12
6. <i>Rudbeckia sullivanti goldsturm</i>	0.16	± 0.01	3.46	± 0.06
7. <i>Gaura lindeimeri</i>	0.00	± 0.00	2.49	± 0.16
8. <i>Erigeron karvischianum</i>	0.00	± 0.00	5.16	± 0.30
9. <i>Campanula persicifolia</i>	0.16	± 0.01	4.46	± 0.18
10. <i>Veronica longifolia</i>	0.20	± 0.01	4.13	± 0.24
11. <i>Origanum vulgare</i>	0.00	± 0.00	2.78	± 0.12
12. <i>Satureja repandens</i>	0.00	± 0.00	1.99	± 0.07
13. <i>Achillea millefolium</i>	0.25	± 0.01	6.07	± 0.26
14. <i>Hypericum moserianum</i>	0.04	± 0.00	1.31	± 0.11
16. <i>Sedum spectabile</i>	0.19	± 0.06	2.29	± 0.23

la conduttanza stomatica è il principale parametro guida dell'assorbimento di ozono. Questo avviene attraverso una relazione curvilinea





Populus spp.



Quercus pubescens



Platanus acerifolia



Pinus nigra

Specie Anisoidriche:

Minore controllo stomatico

Maggiore assorbimento degli inquinanti

Specie Isoidriche:

Elevato controllo stomatico

Minore assorbimento degli inquinanti

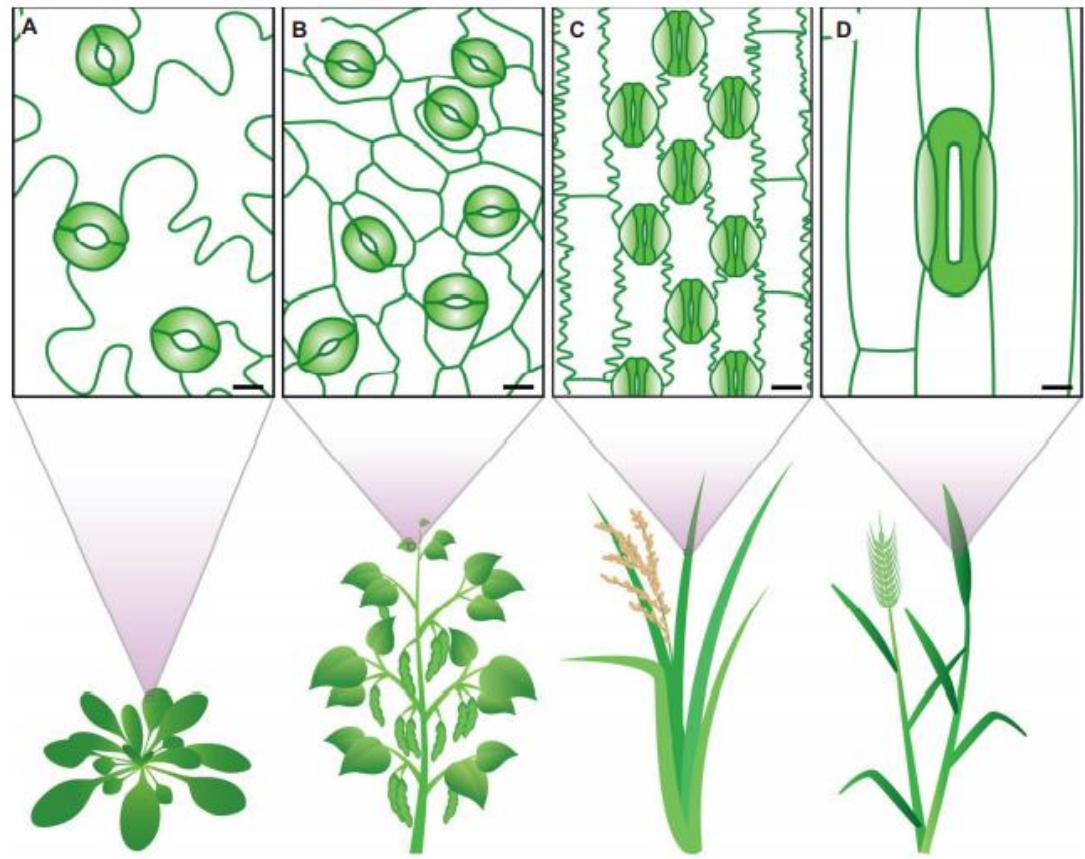
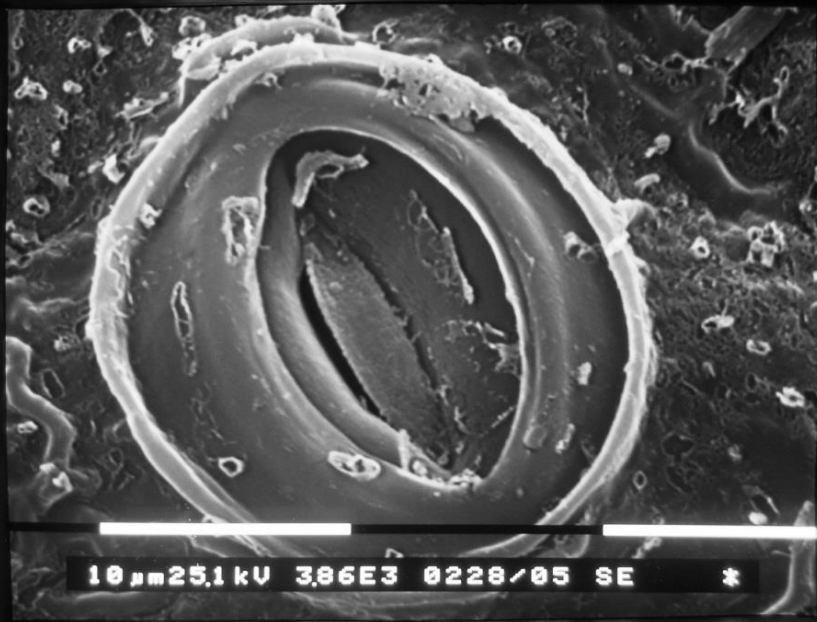


FIGURE 1 | Stomatal traits vary between species. The eudicots (A) *Arabidopsis thaliana* and (B) *Phaseolus vulgaris* display kidney-shaped guard cells (colored in green). The grasses (C) *Oryza sativa* and (D) *Triticum aestivum* show dumbbell-shaped guard cells (solid green) and specialized subsidiary cells (light green gradient). Clear differences in stomatal size and stomatal density can be observed. Scale bars 10 μ M.

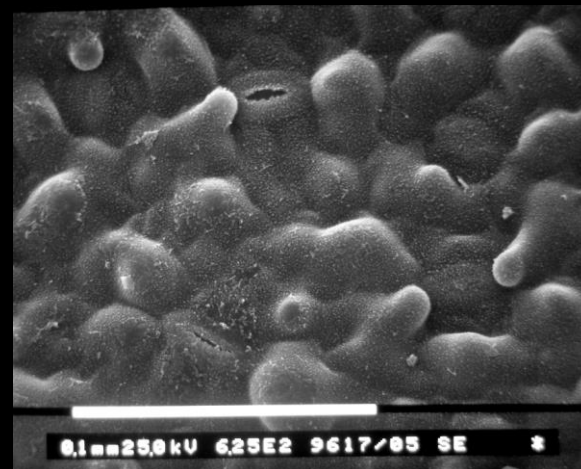
MORFOLOGIA STOMI



Crataegus monogyna



Fraxinus excelsior



Liriodendron tulipifera

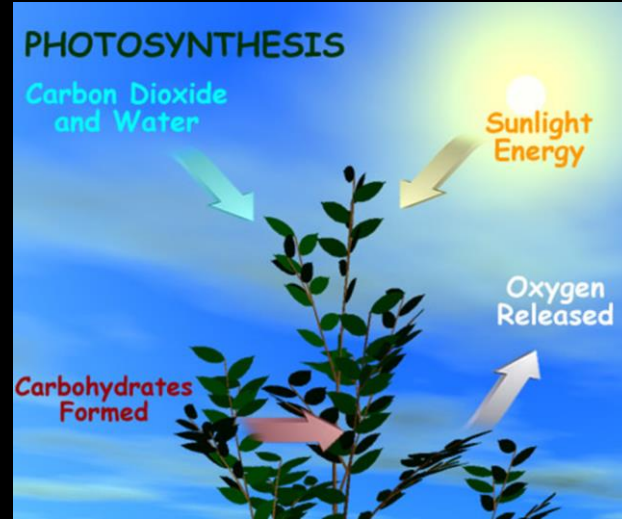
2. Ma cosa influenza questi processi?

CONDIZIONI CLIMATICHE

Temperatura, umidità, irradiazione



Funzionalità degli stomi



STRESS URBANI

Attacchi patogeni

Inquinanti gassosi: OZONO

Elevate temperature

Stress idrici

1. Restricted root space
2. Poor soil composition and structure
3. Soil compaction
4. Poor surface permeability—lack of water infiltration
5. Lack of direct sunlight
6. Restricted space for crown growth
7. Poor pruning/maintenance resulting in weak structure
8. Pollution from vehicles, infrastructure, and runoff
9. Heat from pavement
10. Increased risk from pests and diseases
11. Damage from pedestrians and vehicles



Received: 7 February 2019 | Revised: 27 April 2019 | Accepted: 28 April 2019
DOI: 10.1002/psp.3138

OPINION

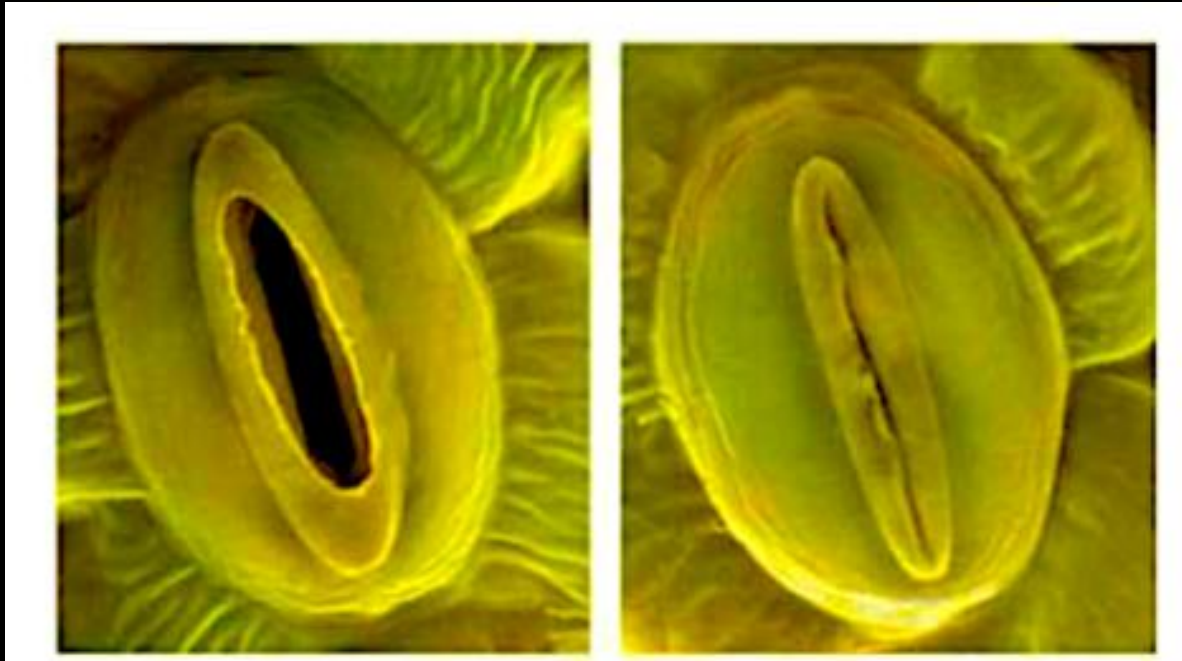
Plant People

Intersecting urban forestry and botanical gardens to address the biggest challenges for healthier trees, people, and cities

Nicole Cavender | Gerard Donnelly

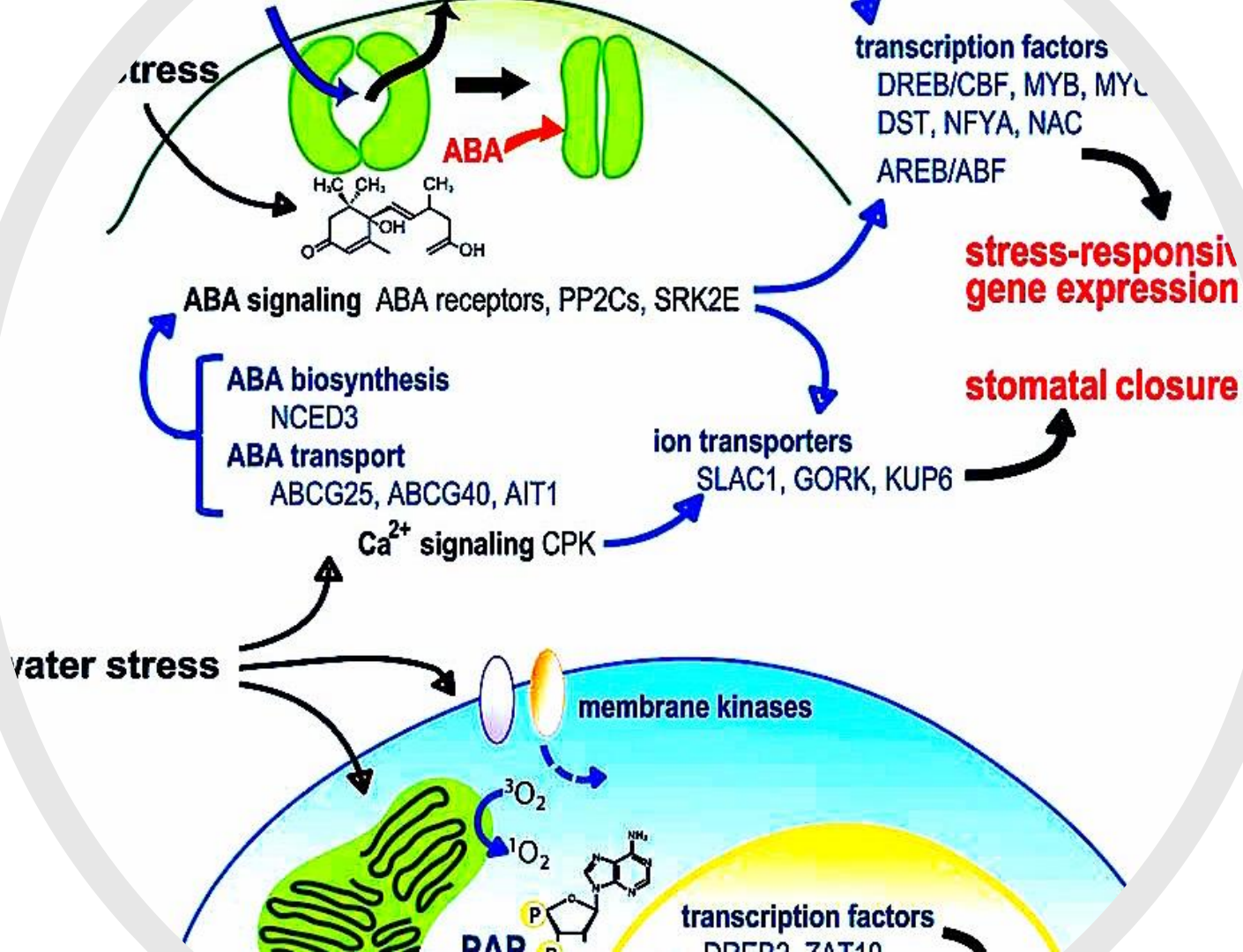
BREVE PERIODO

Funzionalità degli stomi

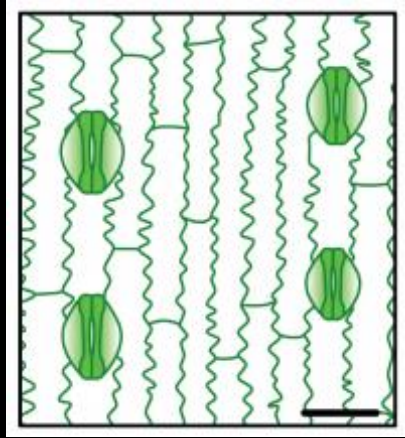


Plant stomata density is related to the plant adaptation in the environment

by Josifoski R. (2018)



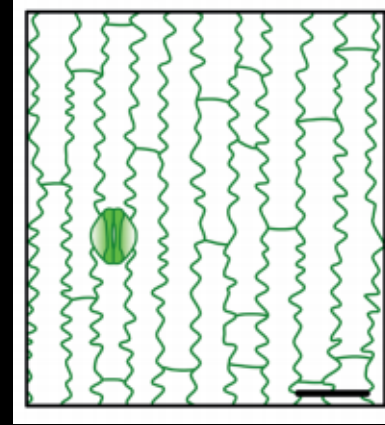
LUNGO PERIODO



Numero, forma
e dimensione



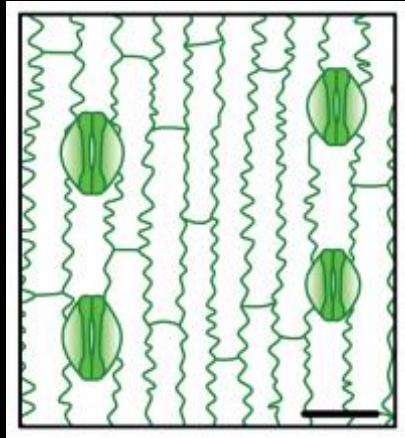
Anatomia e morfologia degli stomi



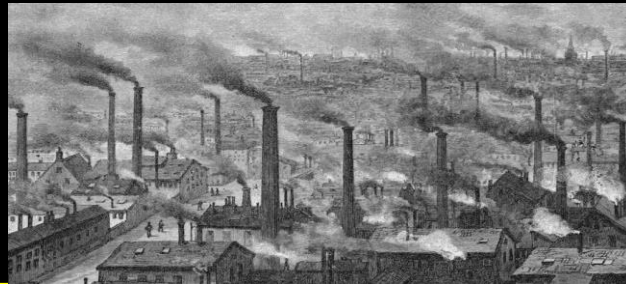
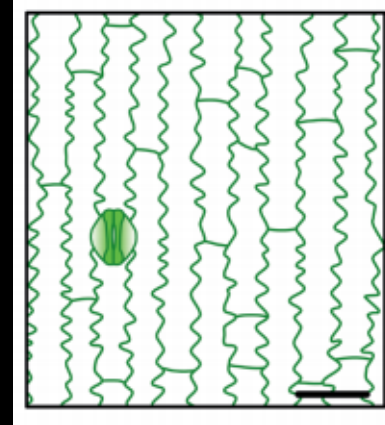
AREA TOTALE
attraverso cui
può entrare la
 CO_2 e gli
inquinanti, e
uscire il vapor
acqueo

LUNGO PERIODO

Anatomia e morfologia degli stomi



Numero, forma
e dimensione



anno

1800

2020

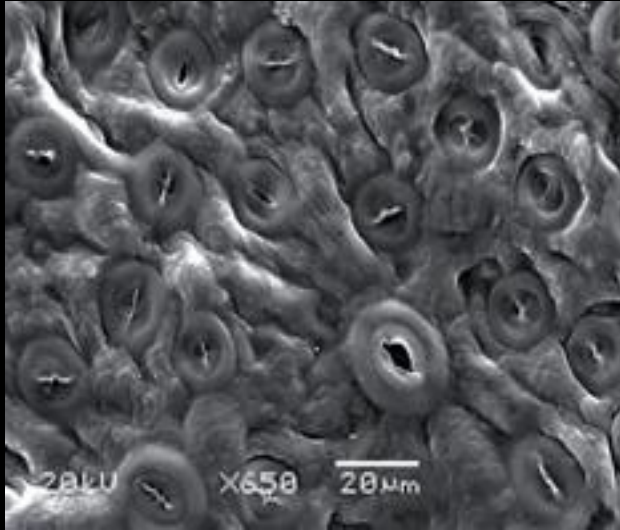
2100

Concentrazione
CO₂

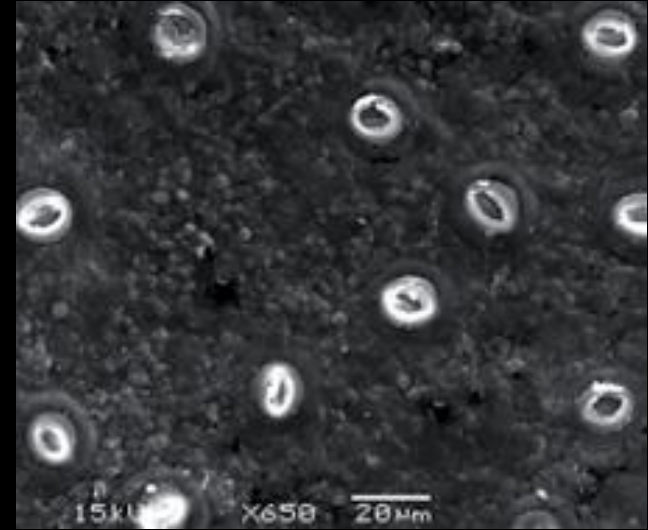
280 ppm

390 ppm

970 ppm
540 ppm



Numero,
forma e
dimensione
degli stomi

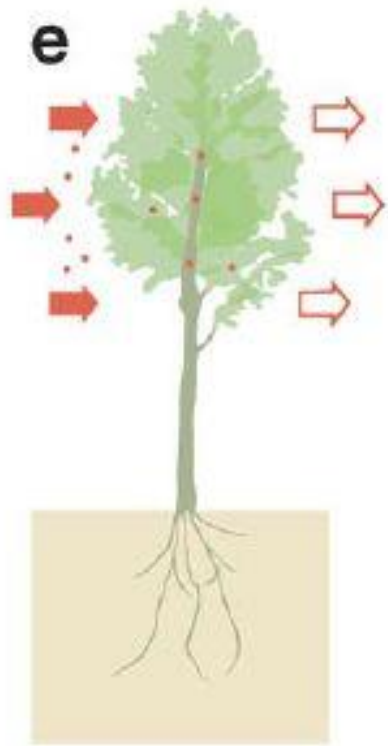


PLASTICITA' FENOTIPICA



**3. Come sono catturate le PM dalle
foglie?**

Le piante come filtri biologici per polveri



Air filtration

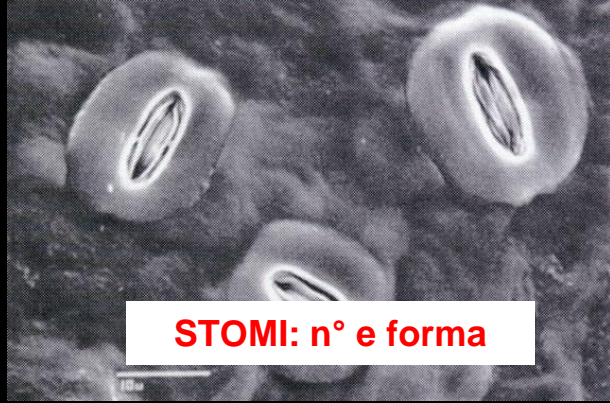
Le piante funzionando semplicemente come **barriere** **fisiche** bloccando ed intrappolando le polveri che sono sospese e trasportate dall'aria e quindi **interrompendo il percorso tra sorgente e bersaglio**

La pianta funziona come una sorta di **collettore passivo** delle polveri

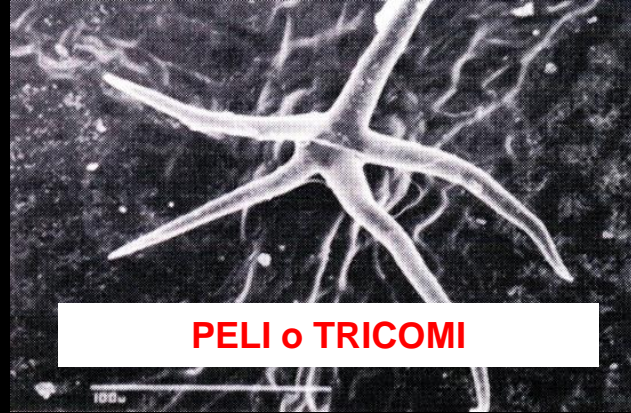
MACRO-struttura della foglia



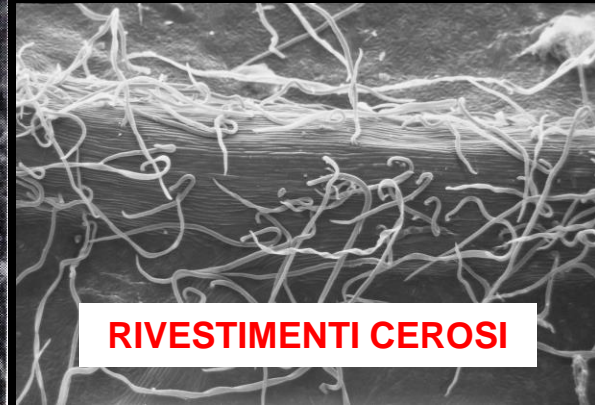
MICRO-struttura della foglia



STOMI: n° e forma



PELI o TRICOMI

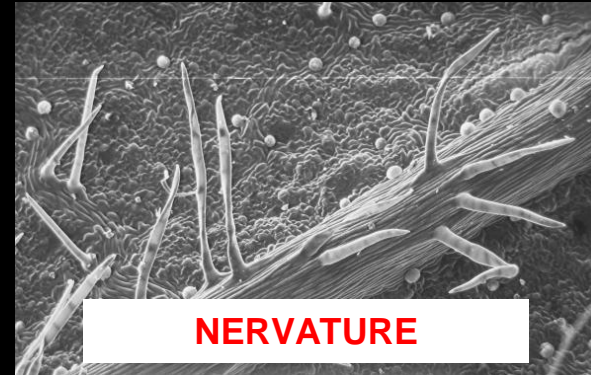


RIVESTIMENTI CEROSI



**ORNAMENTAZIONI
CUTICOLARI**

**conferiscono la
rugosità alle
foglie**



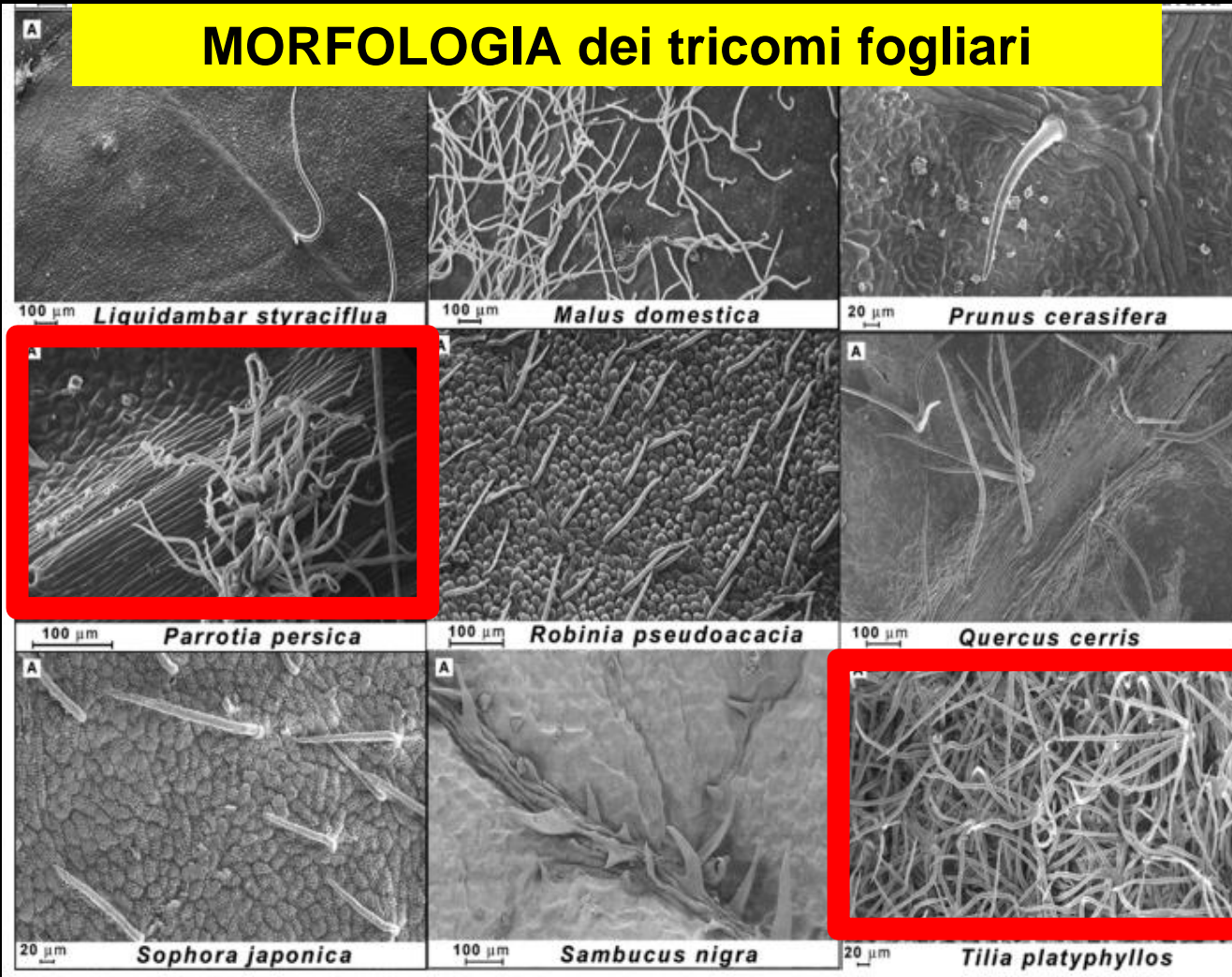
NERVATURE

MORFOLOGIA STOMI

Fraxinus excelsior



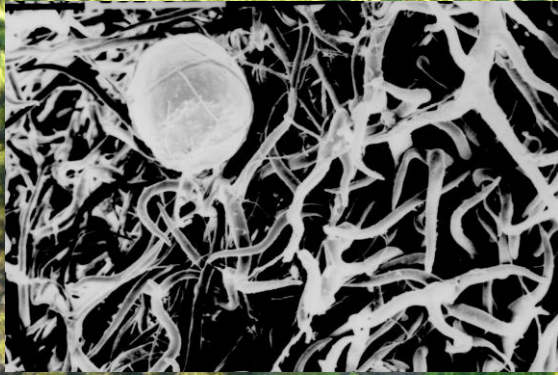
MORFOLOGIA dei tricomi fogliari



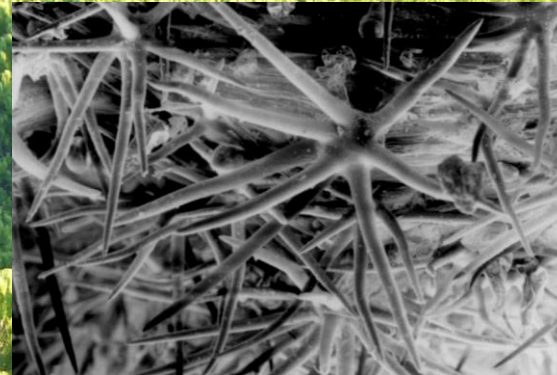
An integrated study on air mitigation potential of urban vegetation: From a multi-trait approach to modeling

R Baraldi, C. Chieco, L. Neri, O. Facini, F. Rapparini, L. Morrone, A. Rotondi, G. Carriero
CNR - Institute of Biomicroscopy, Via P. Gobetti 101, 40129, Bologna, Italy

Specie della macchia mediterranea



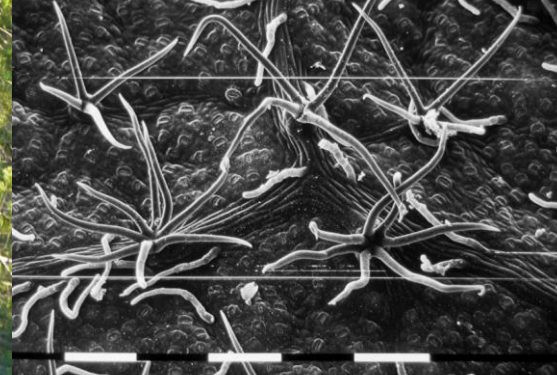
Rosmarinus officinalis



Cistus albidus



Olea europea

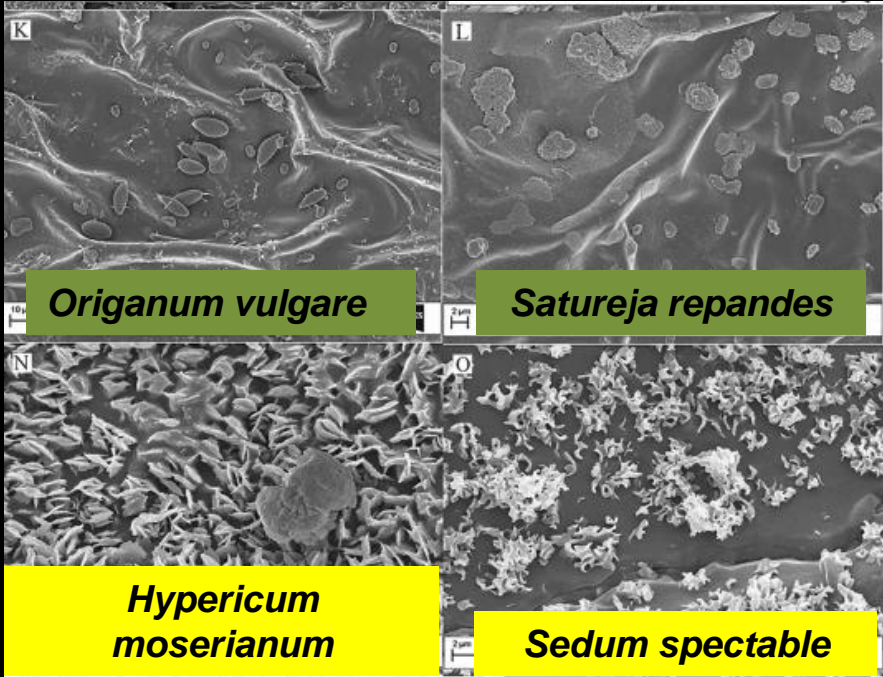


Quercus cerris

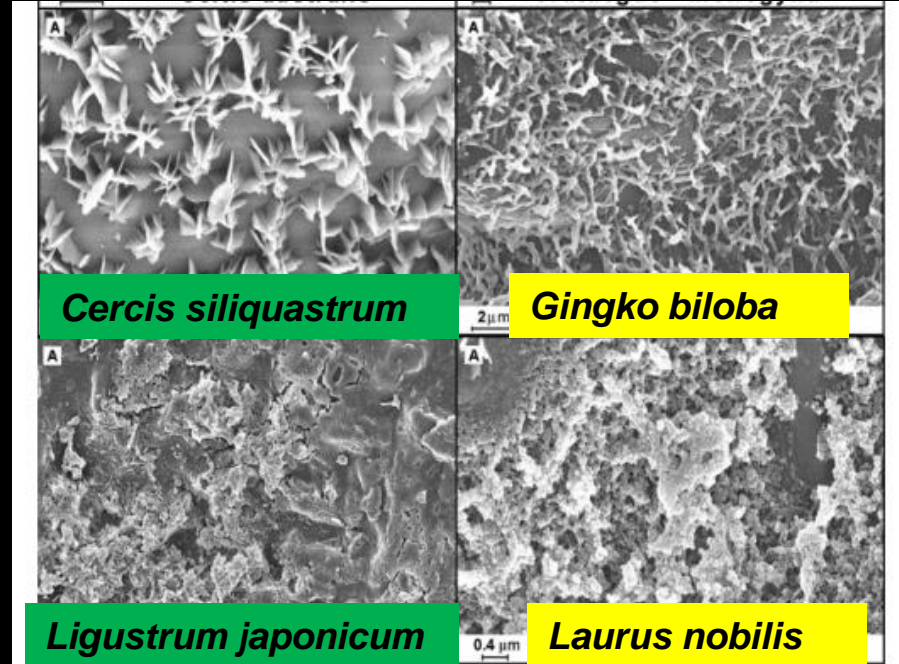
fotografie al microscopio elettronico a scansione (SEM) (tratte da Rotondi et al., 2003)

RIVESTIMENTI CEROSI

SPECIE ERBACEE



SPECIE ARBOREE-ARBUSTIVE



**4. Emissione di VOC dalle foglie:
servizi o disservizi?**

Volatile Organic Compound

V

O

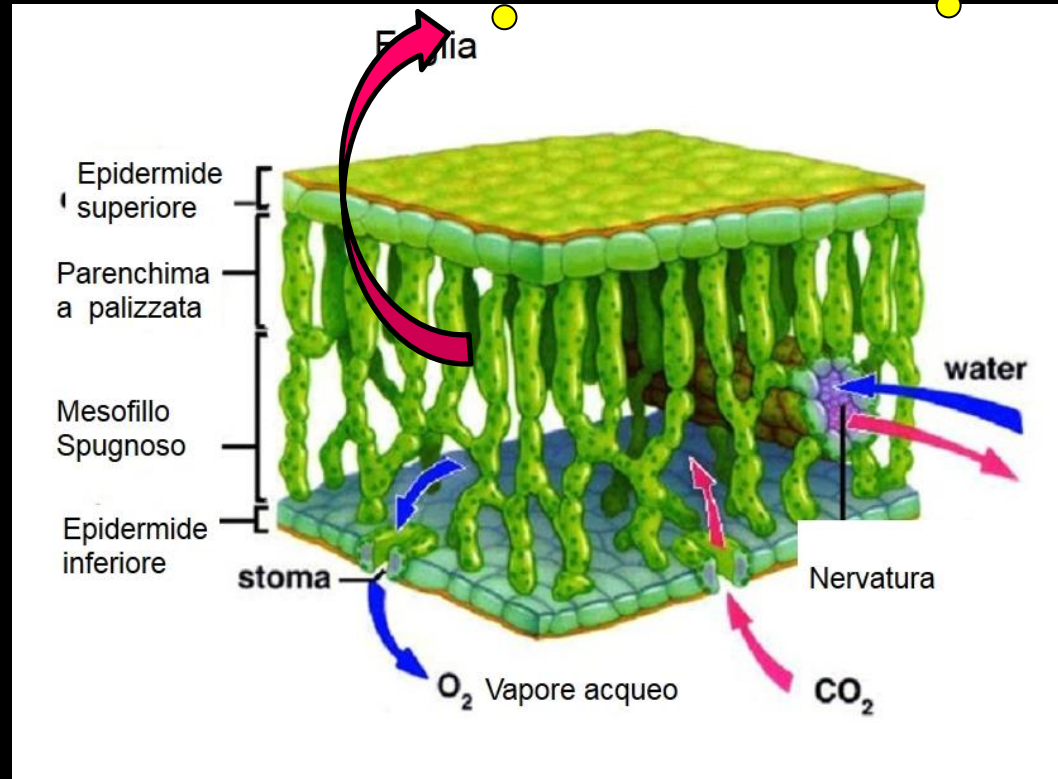
C

30,000 VOC

Durante il giorno e la notte

Alcuni VOC sono prodotti dal normale Metabolismo della Pianta e scappano dalla foglia, ma non è previsto:

È il caso del **Metanolo** si forma da modificazioni delle membrane cellulari nei tessuti giovani in crescita della pianta



Altri VOC sono **COSTITUTIVI**: la pianta li produce normalmente proprio perché vengano emessi e rilasciati all'esterno per difesa

Hanno proprietà antiossidanti

Stabilizzano le membrane cellulari

Rappresentano uno schermo biochimico contro gli erbivori

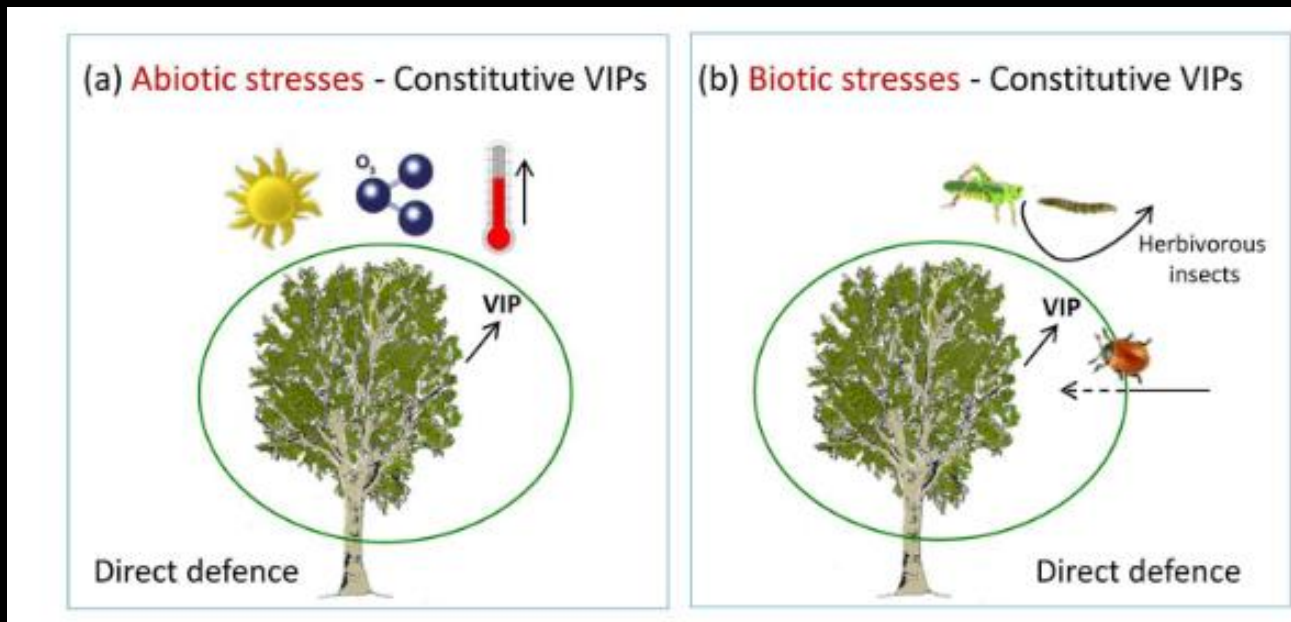
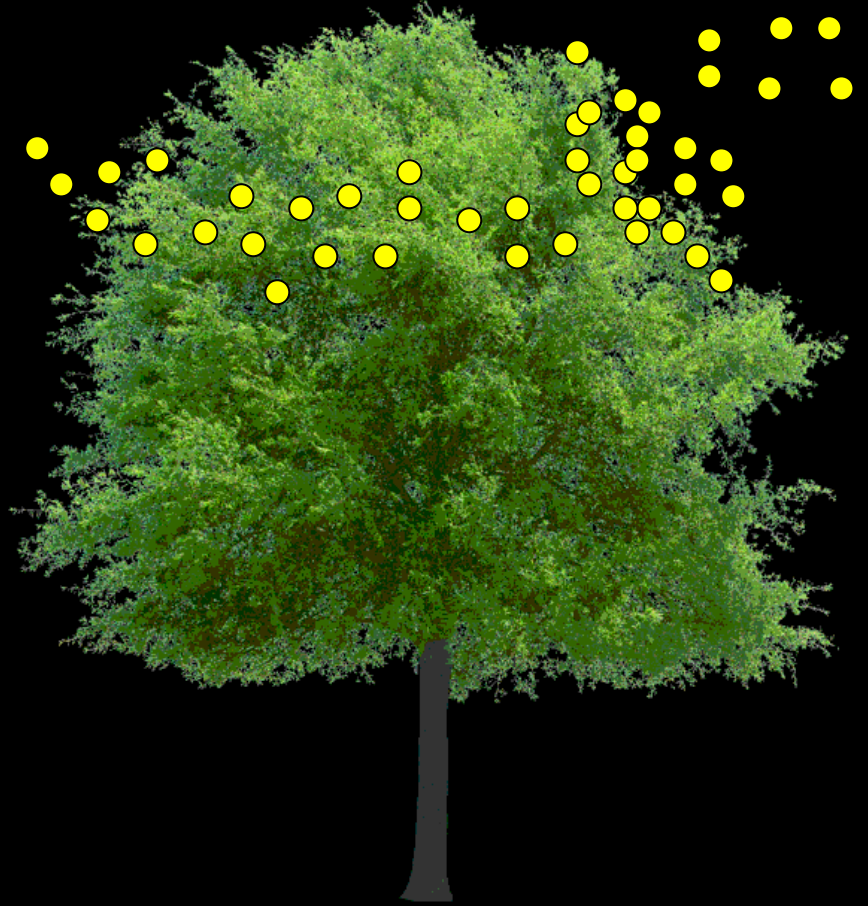
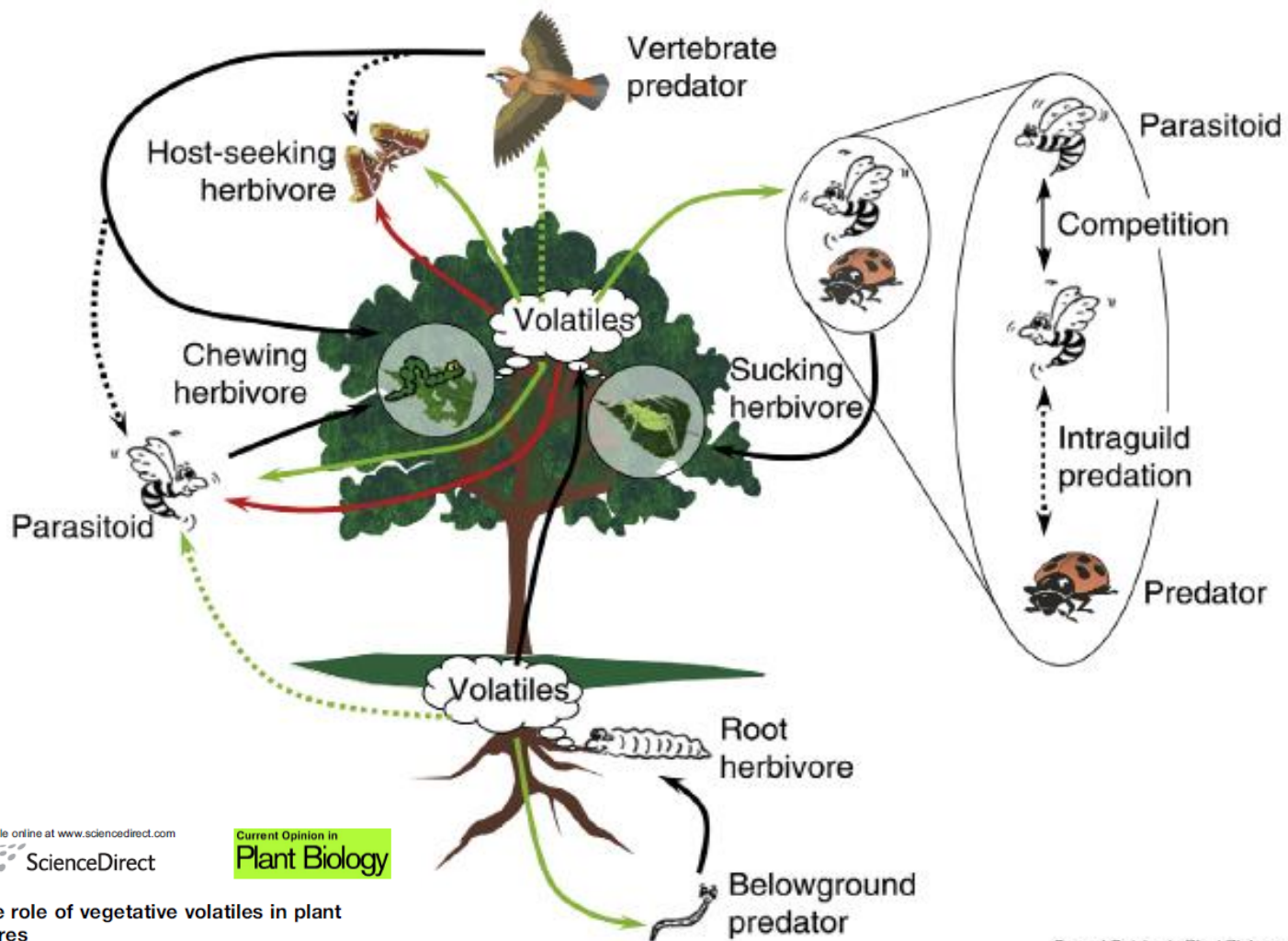


Foto di Francesca Fasolo



Altri VOC sono prodotti e quindi **INDOTTI** da condizioni di *stress ambientali* (alte temperature, stress idrico, elevata concentrazione di ozono) e *stress biotici* (funghi, batteri, insetti) e fungono anche loro da messaggi chimici per...





Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

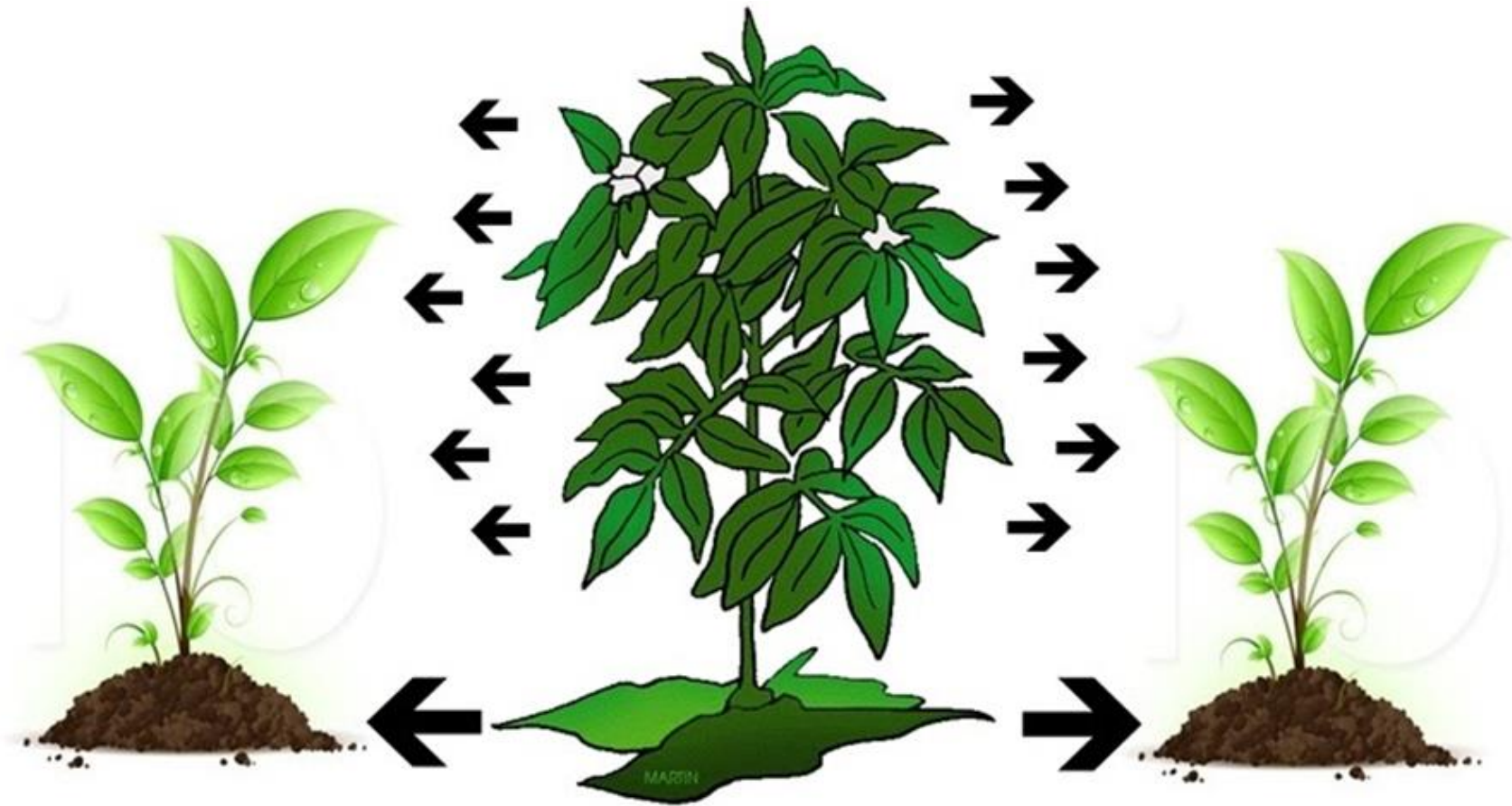
Current Opinion in
Plant Biology



Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores

Sybille B Unsicker, Grit Kunert and Jonathan Gershenzon

Current Opinion in Plant Biology



Alte emettitrici di VOCs



Eucalyptus



Populus



Liquidambar



Robinia



CONIFERE



Quercus



Platanus

LATIFOGLIE

BASSE emettitrici di VOCs



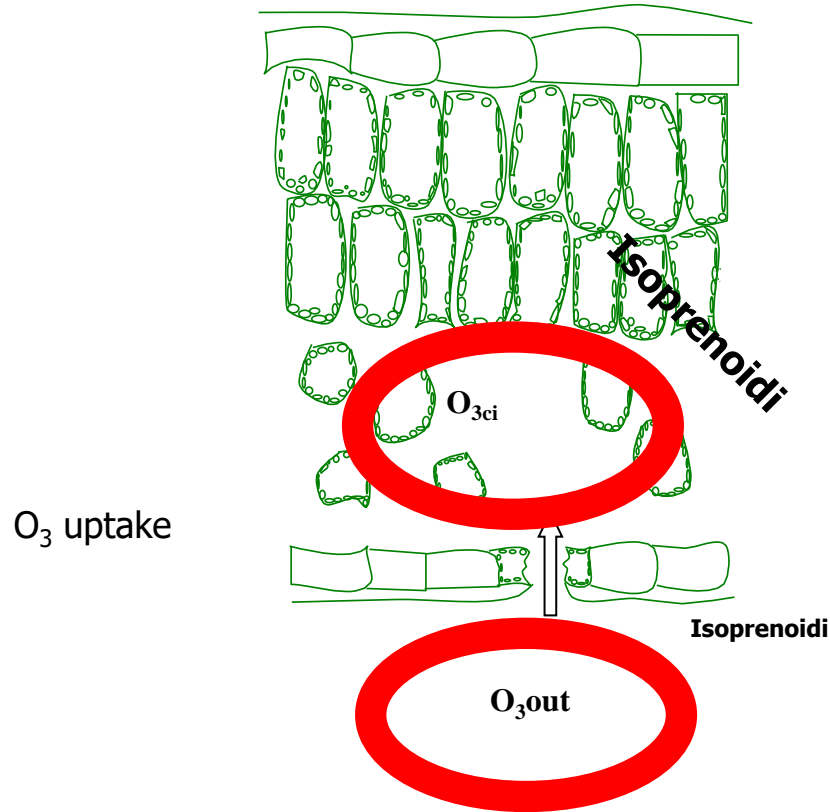
Acer spp



Tilia spp

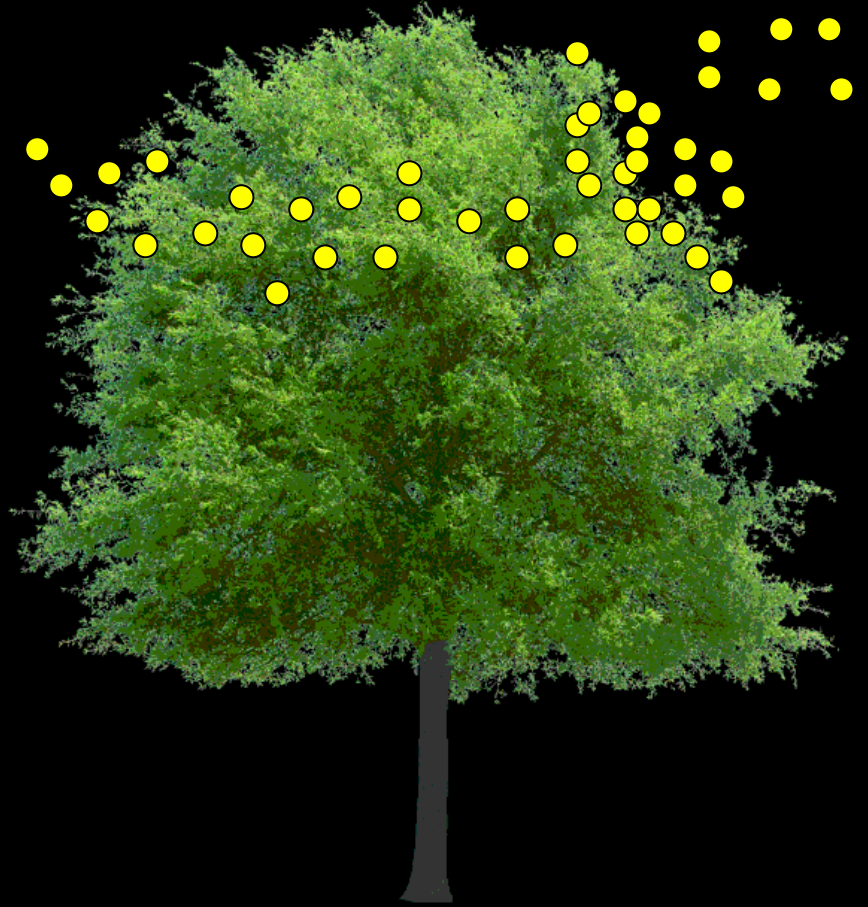
100+

I terpeni (= isoprenoidi) svolgono un ruolo importante nel rimuovere l' OZONO in fase gassosa all'esterno delle foglie ed all'interno degli spazi intercellulari della foglia

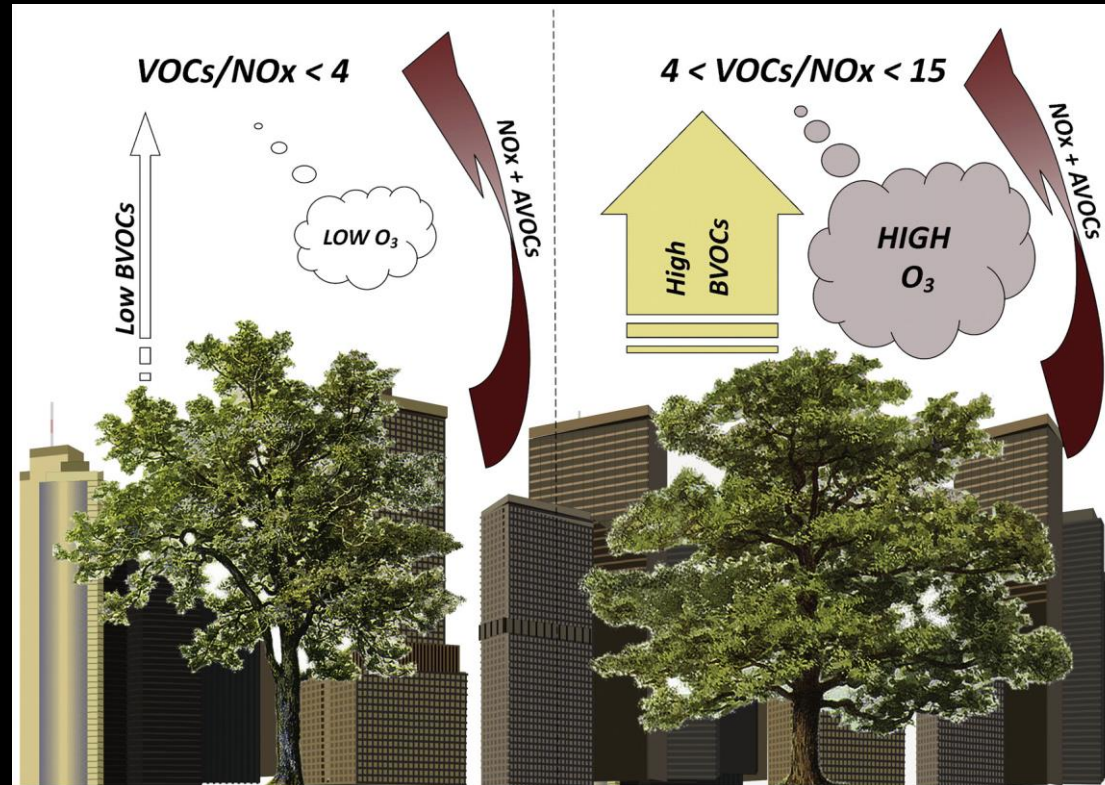


Data la differente reattività dei singoli terpeni, è importante conoscere il tipo di VOC che la pianta produce ed emette

Le diverse specie rispondono agli
stress producendo e rilasciando VOC
INDOTTI in maniera specifica



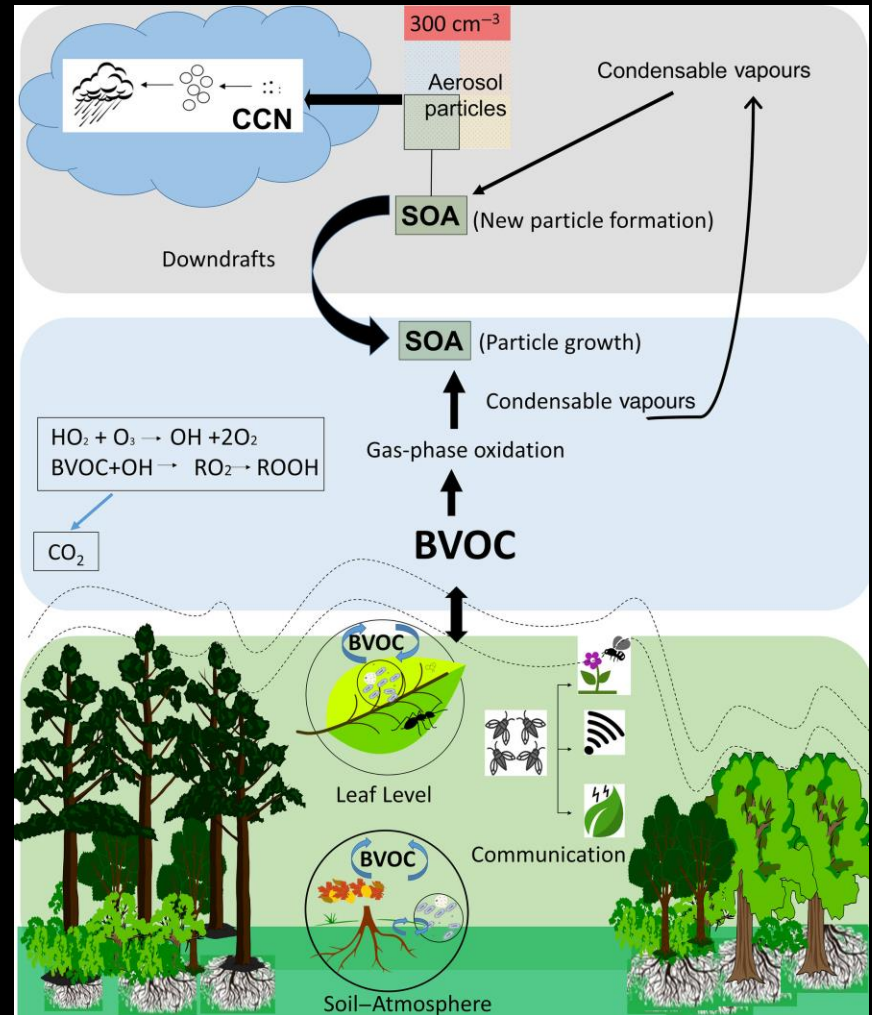
Emissioni di VOC: Disservizio ecosistemico? È una questione di prospettiva



Emissioni di VOC: servizio ecosistemico!

Emissione di VOC significa:

Capacità di formare aerosol e nuclei di condensazione delle nuvole e quindi alimentare il ciclo dell'acqua e/o riflettere la radiazione solare (raffreddamento della temperatura dell'aria)

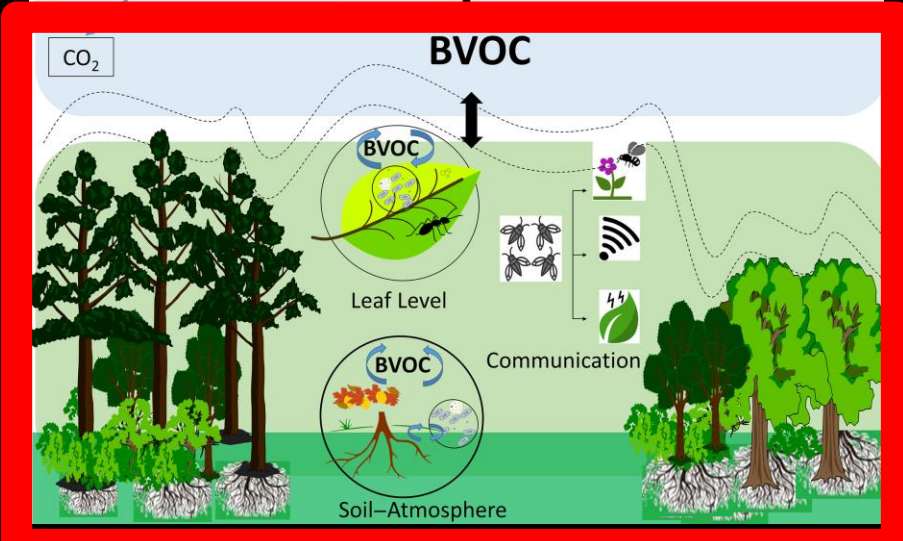
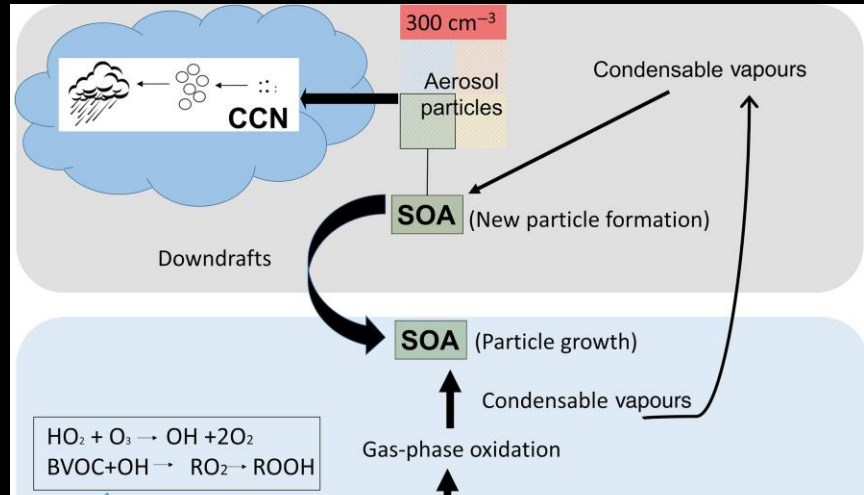


Emissioni di VOC: servizio ecosistemico!

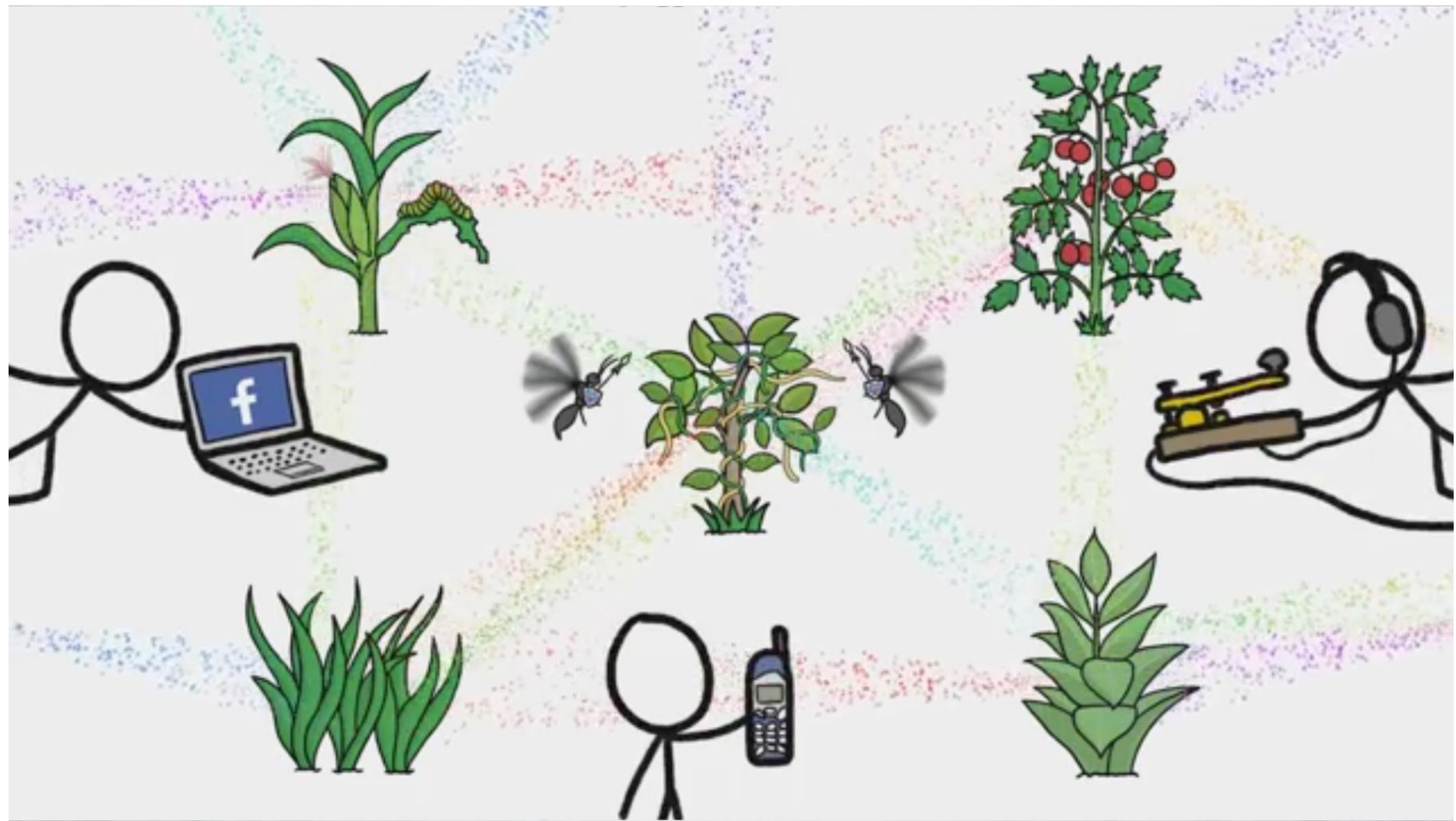
Emissione di VOC significa:

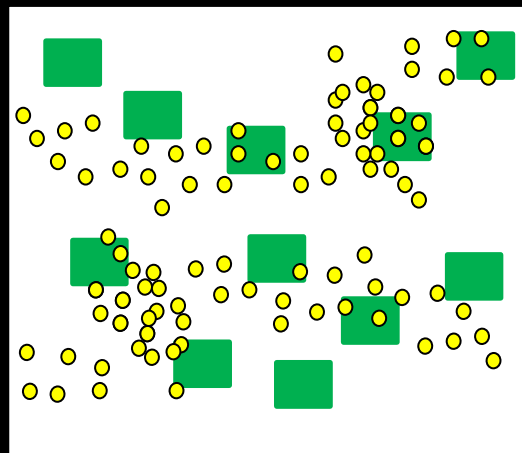
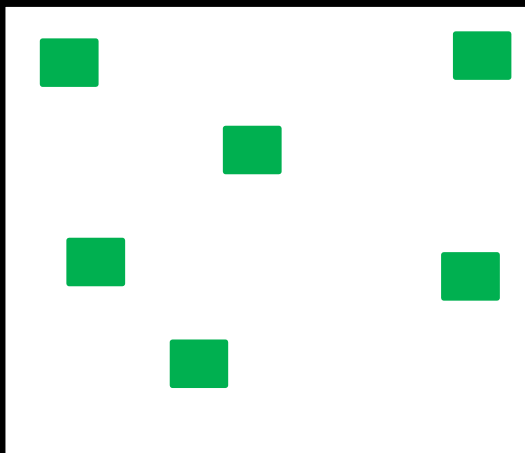
Capacità di formare aerosol e nuclei di condensazione delle nuvole e quindi alimentare il ciclo dell'acqua e/o riflettere la radiazione solare (raffreddamento della temperatura dell'aria)

E maggiore capacità delle piante di essere resistenti e resilienti agli stress dell'ambiente urbano grazie a quella rete di comunicazione dei VOC.



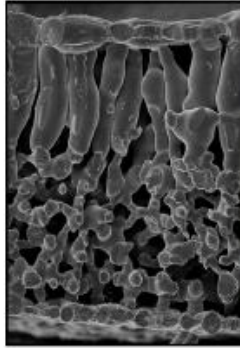
Global Change Biology
 RESEARCH REVIEW
 Amazonian biogenic volatile organic compounds under global change
 Ana M. Yáñez-Serrano, Efstratios Bourtsoukidis, Eliane G. Alves, Malte Bauwens, Trisseyeni Stavrou, Joan Llusà, Iolanda Filella, Alex Guenther, Jonathan Williams ... See all authors >





Migliorare la Frammentazione del verde urbano vuol dire migliorare quella rete di comunicazione mediata dai VOC tra le piante. Tale comunicazione è estremamente necessaria nell'ambiente urbano che si caratterizza per disomogeneità spaziale e temporale delle condizioni di stress per una pianta e fa sì che non solo la singola pianta ma l'intero ecosistema verde funzionino meglio anche per fornirci i servizi ecosistemici anche in ambiente urbano.

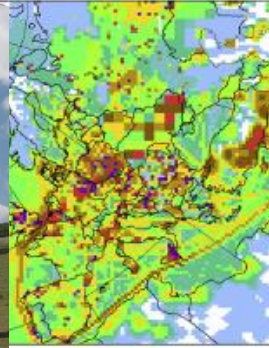
IBE-CNR: RICERCA AMBIENTALE



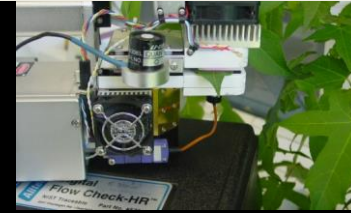
10µm
10⁻⁵m



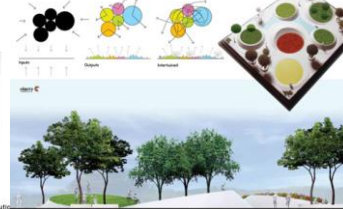
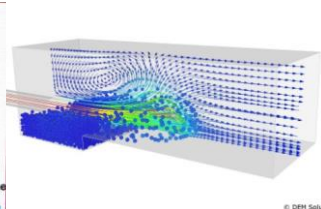
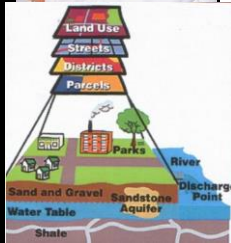
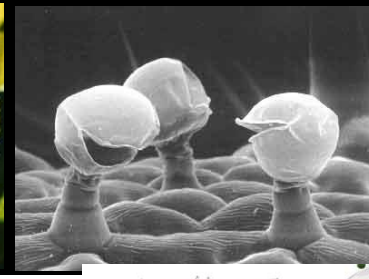
Flux footprint
typically 200m



Application of models
typically 100km



Analisi fisiologica-biochimica
Ecofisiologia
Analisi strutturale
Fisica dell'atmosfera
Micrometeorologia-Meteorologia



ATMOSFERA



ECOSISTEMA

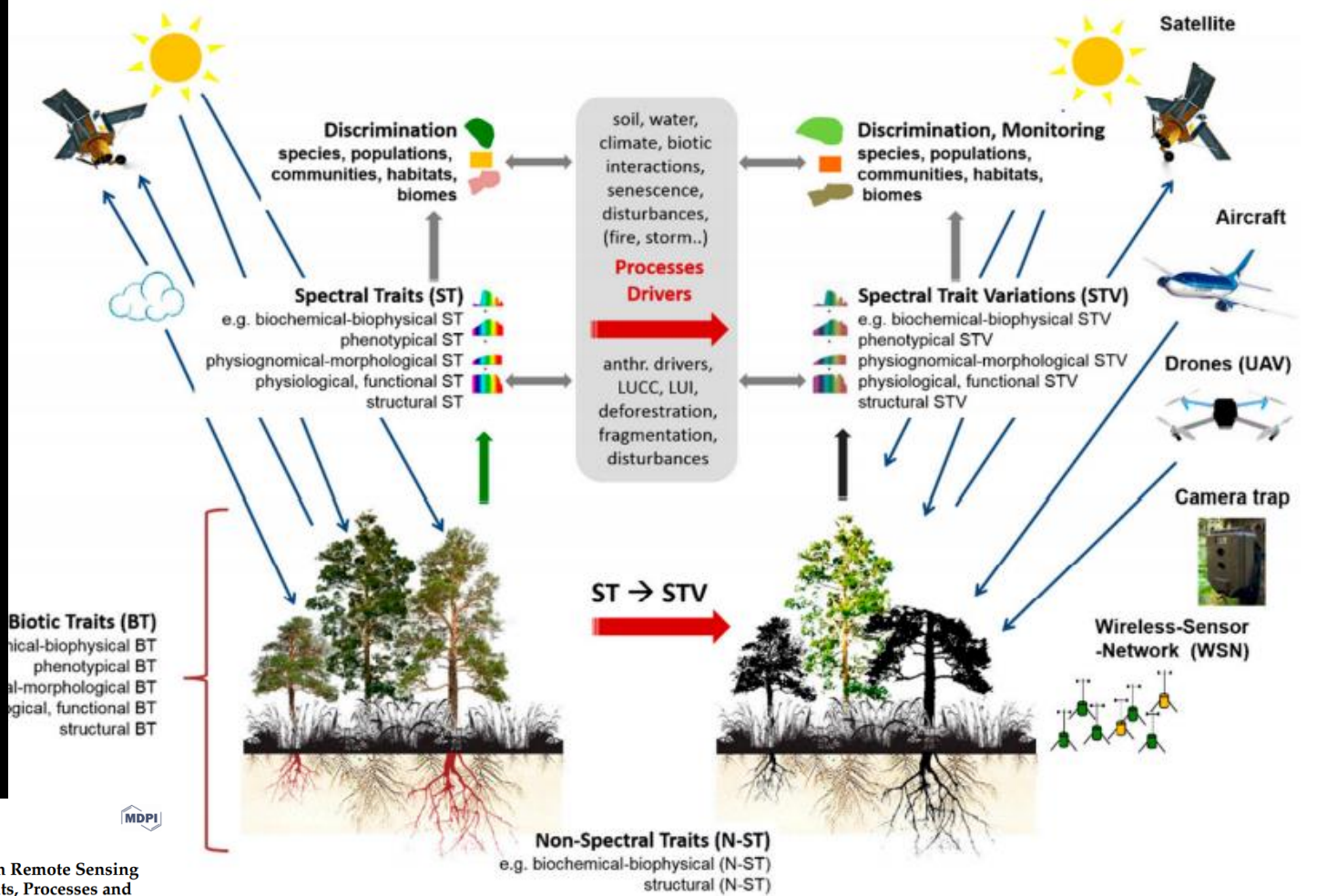


FATTORI DI STRESS



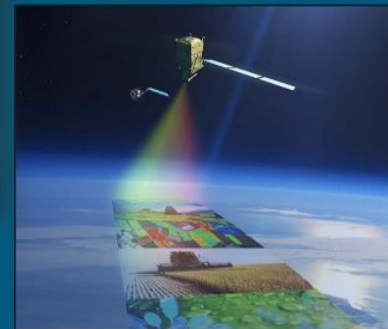
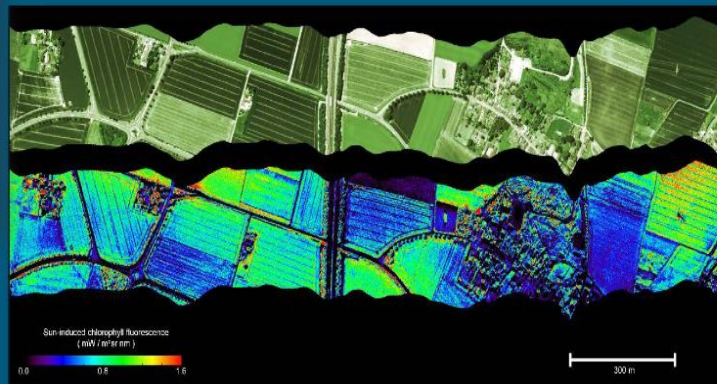
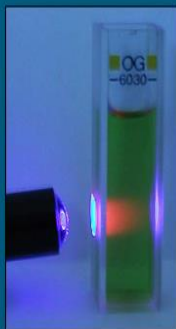
SPECIE agrarie e naturali?



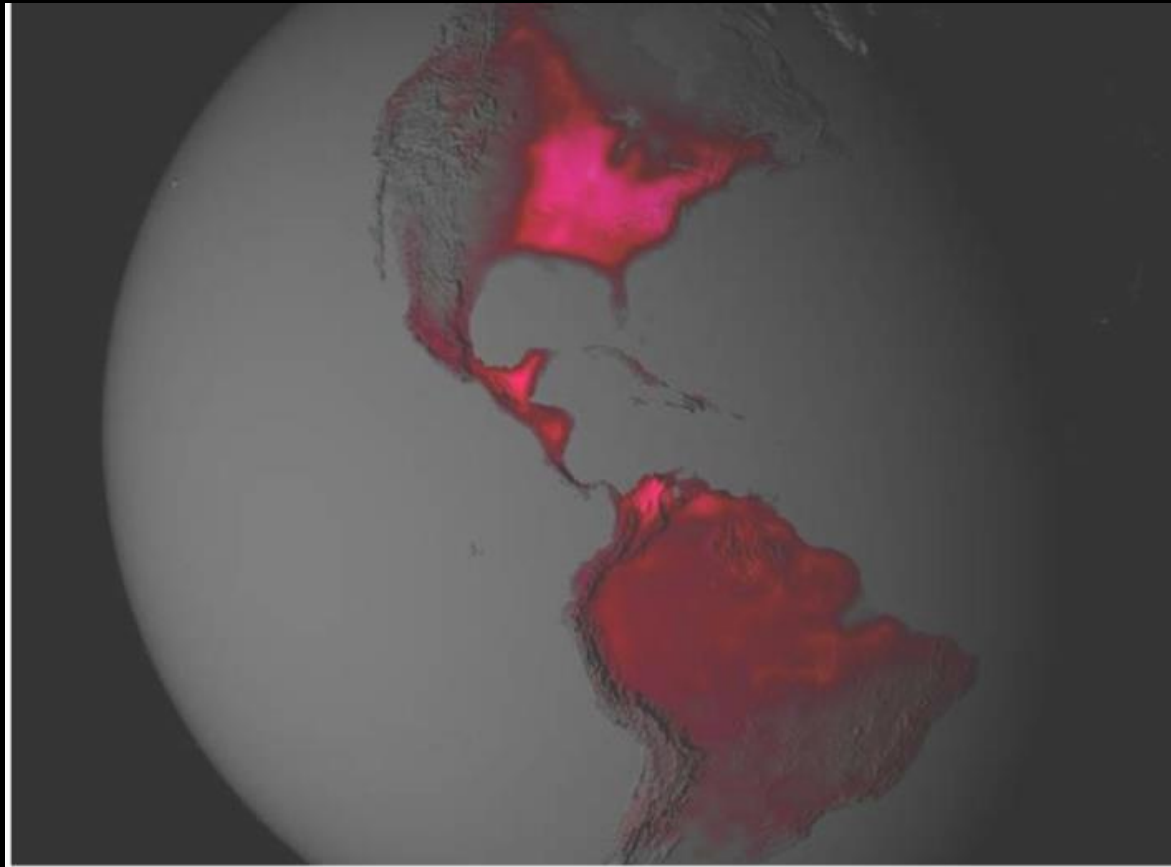


ESA's Earth Explorer 8 Satellite Mission FLEX – Measuring and understanding solar-induced fluorescence across different scales

ESA-Mission Assessment Group & Franco Miglietta (IBE-CNR)



ESA's Earth Explorer 8 Satellite Mission FLEX – Measuring and understanding solar-induced fluorescence across different scales ESA-Mission Assessment Group & Franco Miglietta (IBE-CNR)



<https://www.nasa.gov/content/goddard/seeing-photosynthesis-from-space-nasa-scientists-use-satellites-to-measure-plant-health/>

Riferimenti bibliografici e/o suggerimenti

- Rüdiger Grote R., Samson R., Alonso R., Amorim J.H., Cariñanos, Churkina G., Fares S., Le Thiec D., Niinemets Ü., Mikkelsen T.N., Paoletti E., Tiwary A., Calfapietra C. Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. 2016. *Frontiers in Ecology and the Environment* Link to article, DOI: 10.1002/fee.1426.
- Niinemets Ü. 2018. What Are Plant-Released Biogenic Volatiles and How They Participate in Landscape- to Global-Level Processes? In: Perera A., Peterson U., Pastur G., Iverson L. (eds) *Ecosystem Services from Forest Landscapes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_3.
- Zhang J, Ghirardo A, Gori A, Albert A, Buegger F, Pace R, Georgii E, Grote R, Schnitzler J-P, Durner J and Lindermayr C. 2020. Improving Air Quality by Nitric Oxide Consumption of Climate-Resilient Trees Suitable for Urban Greening. *Front. Plant Sci.* 11:549913. doi: 10.3389/fpls.2020.549913.
- Collalti, A., Ibrom, A., Stockmarr, A. et al. Forest production efficiency increases with growth temperature. *Nat Commun* 11, 5322 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19187-w>.
- Fineschi S and Loreto F. 2020. A Survey of Multiple Interactions Between Plants and the Urban Environment. *Front. For. Glob. Change* 3:30. doi: 10.3389/ffgc.2020.00030.
- Baraldi, Rita, et al. "Ecophysiological and micromorphological characterization of green roof vegetation for urban mitigation." *Urban Forestry & Urban Greening* 37 (2019): 24-32.
- Baraldi, R., et al. "An integrated study on air mitigation potential of urban vegetation: from a multi-trait approach to modeling." *Urban Forestry & Urban Greening* 41 (2019): 127-138.
- Sgrignaad G. Sæbøb A., Gawronskic S., Popekc R., Calfapietra C. 2015. Particulate Matter deposition on *Quercus ilex* leaves in an industrial city of central Italy. *Environmental Pollution Volume 197*, February 2015, Pages 187-194.

grazie per l'attenzione



francesca.rapparini@ibe.cnr.it