

**La sostenibilità degli interventi su alberi  
veterani: un protocollo per la valutazione  
integrata e la cura e la rigenerazione  
radicale ODAF VI 30/04/21**

**LUIGI STRAZZABOSCO**









**Molti non riescono a comprendere - o non ci pensano - come la fisiologia degli alberi sia sottoposta e dipenda in toto da bilanci energetici e dai principi della termodinamica. Le piante sono le più grandi accumulatrici viventi di energia solare che viene poi reimpiegata in parte per crescere, per sostenersi, per difendersi e per riprodursi.**

**Ogni azione compiuta dagli uomini o dall'ambiente circostante ha ripercussioni su queste "batterie" naturali.**

**Solo ragionando in termini energetici si possono capire a fondo gli alberi**

## Dalla Fisica alla Biomeccanica

La relazione fra Fisica e Biologia è sempre stata motore della conoscenza scientifica da Galileo in poi.

La Biologia è servita per spiegare la Fisica  
La Fisica è servita per spiegare la Biologia

**-La Biomeccanica è la branca delle Scienze Naturali che si prefigge l'obiettivo di applicare tecniche e metodiche proprie della Fisica per lo studio degli esseri viventi**

**La Biomeccanica delle piante affronta quindi, con metodi propri della descrizione e sperimentazione sviluppata in Fisica, tutti i principali aspetti della Botanica:**

- le modalità di accrescimento, differenziazione e morfogenesi.**
- le modalità di propagazione dei semi.**
- il trasporto dell'acqua e dei soluti.**
- la resistenza delle strutture vegetali alle sollecitazioni.**
- ecc. ecc.**

**La Biomeccanica vegetale assurge a ruolo effettivo di branca delle scienze botaniche nel 1874 con il lavoro di Schwendener**

**Uno dei settori cardine della Biomeccanica riguarda l'interazione fra accrescimento dei vegetali (alsometria e auxometria) e stabilità della struttura vegetale**

**Questo perché le piante sono strutture che devono sostenersi in un ambiente complesso, variabile, ricco di sollecitazioni meccaniche e spesso ostile .Ad esempio il primo lavoro che evidenzia una relazione fra accrescimento e sollecitazione meccanica è del 1811 (Knight). Quindi abbiamo la formulazione della teoria della sollecitazione costante (Metzger 1898), la formulazione della teoria tigmomorfogenetica (Jaffe e Televski, 1970) fino agli studi di Niklas, Speck, Spatz, Ennos, Vogel, Mattheck e molti altri**

**Per quanto riguarda gli alberi, questi aspetti particolari della Biomeccanica possono essere definiti come “STATICA DELLE STRUTTURE ARBOREE**

# MECCANISMI CHIMICI DI DIFESA

## Le difese chimiche passive

Le piante in mancanza di un sistema immunitario hanno esaltato, nel corso della loro evoluzione, il metabolismo secondario, con la sintesi di innumerevoli composti di difesa, come gli isoprenoidi. Alcuni tra questi composti sono prodotti già in forma biologicamente attiva; altri in forma di precursori inattivi, attivati da enzimi come le glicosidasi. La localizzazione di questi composti è spesso specifica; tuttavia è stato osservato che sono concentrati negli strati cellulari più esterni dei vari organi della pianta; in tale modo riescono ad interferire più facilmente con i vari patogeni.

I composti chimici preformati dotati di attività antifungina maggiormente studiati (escludendo le proteine da difesa) sono le saponine, i glucosidi cianogenetici, i glucosinolati, i polifenoli e i terpenoidi. (Rosenthal G. A. - The chemical defense of higher plants; D. CARTWRIGHT \* , P. LANGCAKE \* , RJ PRYCE \* , DP LEWORTHY \* & JP RIDE - 1977 - Chemical activation of host defence mechanisms as a basis for crop protection).

# Le difese attive o inducibili

Al riconoscimento del patogeno fa seguito una cascata di eventi a livello cellulare e biochimico, che induce la trascrizione di geni codificanti per “proteine da difesa”. Queste proteine, definite “pathogenesis-related” (PR), sono state per la prima volta isolate nel tabacco infettato con virus TMV, e successivamente anche da altre piante sottoposte a vari tipi di stress. Le proteine PR sono state recentemente suddivise in diciassette famiglie sulla base della loro sequenza primaria, delle relazioni sierologiche e sulla base dell’attività enzimatica o biologica

Le proteine PR sono principalmente indotte durante la risposta sistemica acquisita (SAR) e compaiono in tessuti della pianta distanti rispetto a quello infettato. In effetti, rispetto alle alterazioni caratteristiche che avvengono nell'ospite successivamente all'incontro con il patogeno, quello della trascrizione dei geni che codificano le proteine PR è un evento piuttosto ritardato. Questo, in un primo tempo, ha lo scopo di ridurre la grandezza ed il numero delle lesioni generate al sito di infezione, che determina la risposta ipersensibile (HR) e, in generale, blocca la diffusione del patogeno negli altri tessuti della pianta. L'espressione di queste proteine viene indotta da una serie di elicitatori che possono, ad esempio, originarsi dalla parete cellulare del patogeno e che includono frammenti di chitina e di glucano, peptidi e glicoproteine extracellulari secrete da alcune specie di funghi, oligosaccaridi e proteine di origine batterica.

## FASI DI INDUZIONE DI SAR

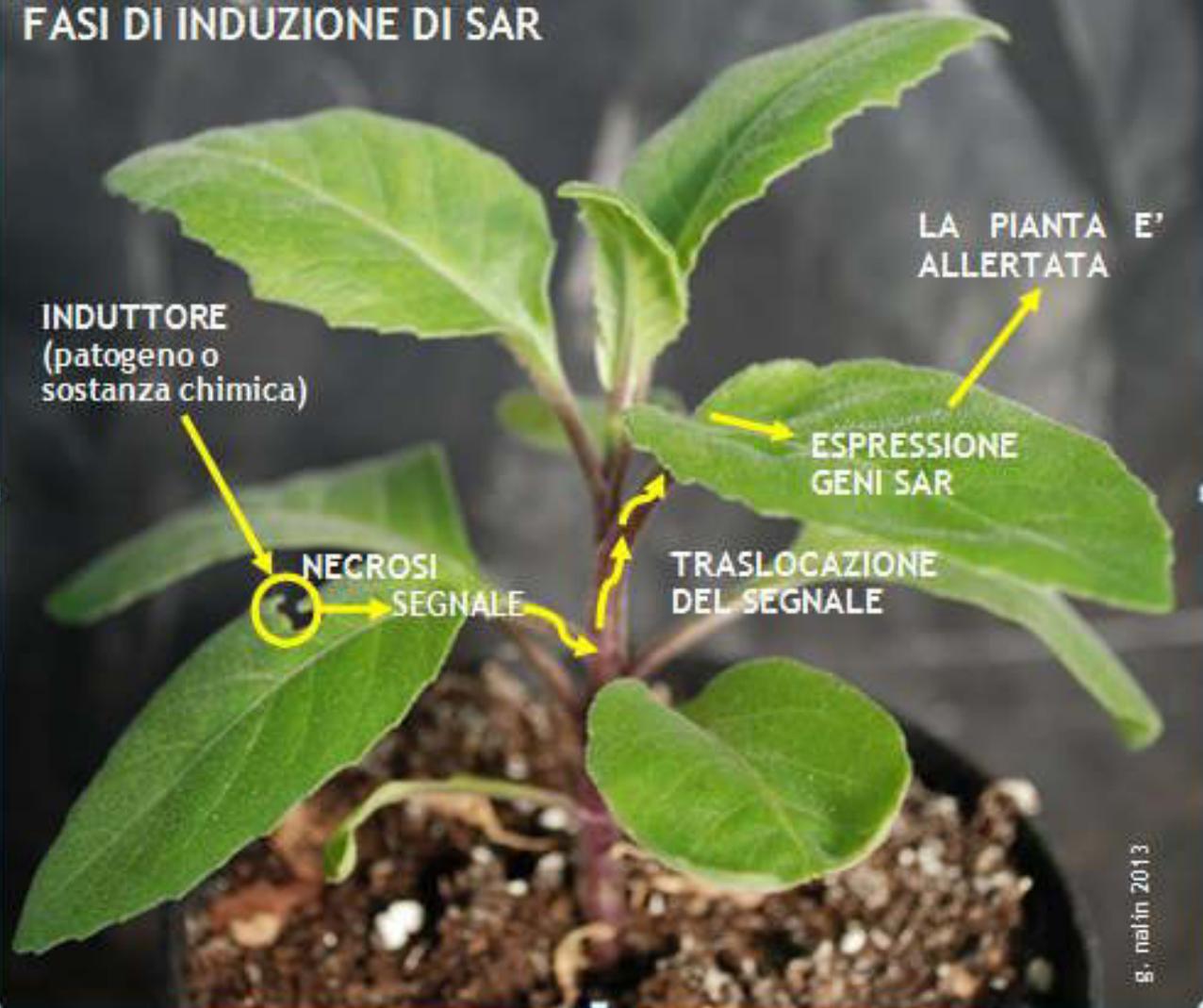
INDUTTORE  
(patogeno o  
sostanza chimica)

NECROSI  
SEGNALE

TRASLOCAZIONE  
DEL SEGNALE

ESPRESSIONE  
GENI SAR

LA PIANTA E'  
ALLERTATA



# EFFETTI DELLA RESISTENZA INDOTTA SULLA FITNESS DELLA PIANTA

Un aspetto non trascurabile, correlato all'attivazione e all'induzione di SAR, riguarda il costo energetico che la pianta deve sostenere, e che potrebbe gravare sul suo stesso adattamento

# Obiettivi della ricerca

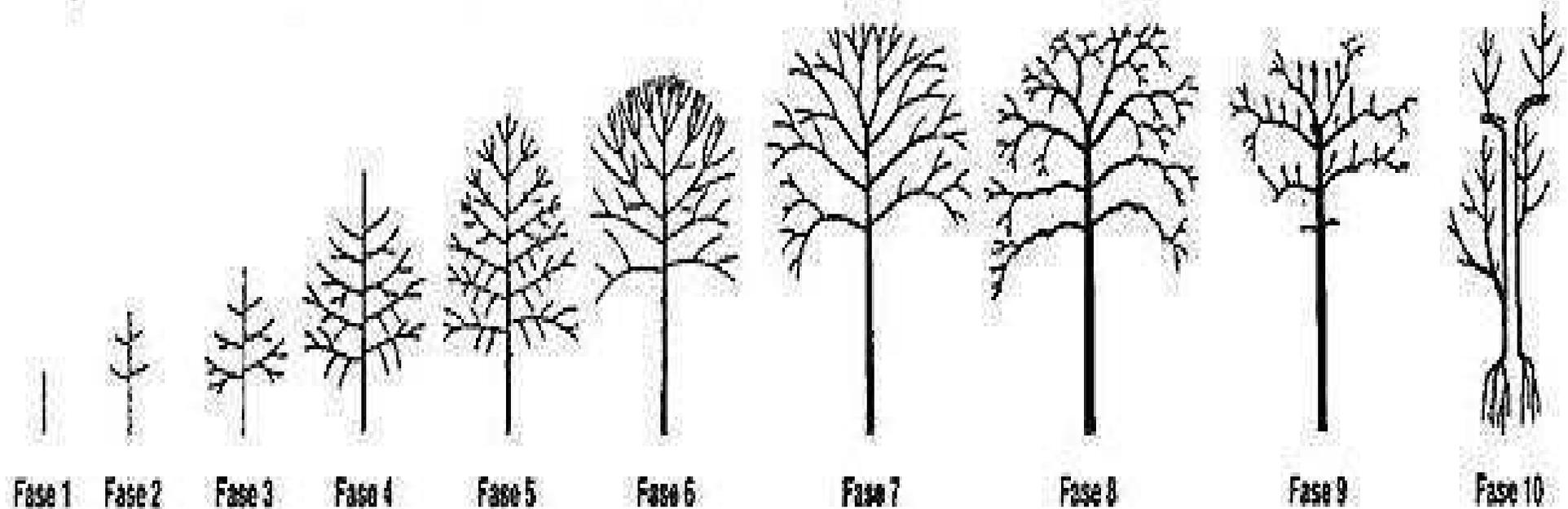
Gli interventi di salvaguardia e recupero devono essere preceduti da attente **valutazioni delle condizioni** degli esemplari arborei valutando attentamente i parametri vitali e biomeccanici.

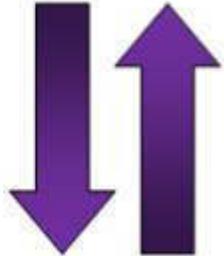
Dopodiché, si potranno stabilire i **tempi, i modi** e le **tecniche** più idonei al caso specifico.

Diviene indispensabile, predisporre un “**protocollo**” per la **valutazione e la sostenibilità dei possibili interventi.**

**Senescenza e Invecchiamento:  
si possono applicare questi concetti all'albero?**

Figura 1 - Fasi fisiologiche e morfologiche dello sviluppo della parte aerea dell'albero



SVILUPPO DELLA PIANTA			
	crescita vegetativa	equilibrio vegetativo/ riproduttivo	Asintoto energetico
CHIOMA			
RADICE			

I rami di piante “vecchie” innestati dimostrano accrescimenti molto superiori rispetto ai corrispondenti sulle piante madri. **l'età della pianta madre non determina variazioni sulla performance di rametti** che vengono da questa prelevati e fatti vegetare indipendentemente.

Connor & Lanner (1990) e Lanner & Connor (2001) che hanno cercato di valutare possibili sintomi di senescenza nelle piante più vecchie del pianeta ossia in esemplari **di *Pinus longaeva* di 4713 anni (!)** rispetto a piante “giovani” della stessa specie (di circa 200 anni). Sono stati analizzati molti parametri che in genere si associano alla senescenza come **vitalità pollinica, germinabilità dei semi, peso dei semi e anche altri come struttura dello xilema e del floema, lunghezza dei getti annuali**. In nessuno di questi parametri si sono potute osservare delle **variazioni determinate dall'età degli individui**. **Lanner & Connor (2001) concludono, quindi, che il concetto di senescenza dei meristemi apicali o cambiali non si può applicare nel caso della specie indagata perché nessun tipo di degenerazione funzionale è stata osservata**

Allora perché gli alberi deperiscono: “Probabilmente non deperiscono perché sono vecchi!”.

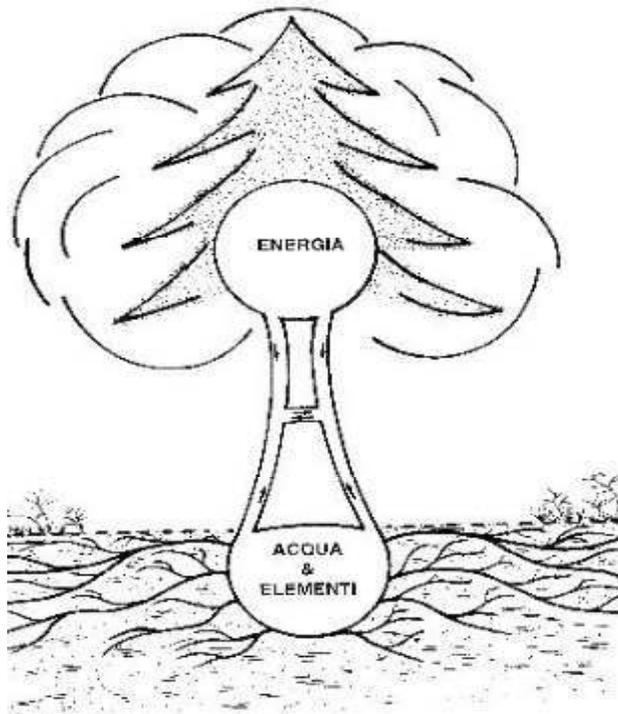
# Il deperimento dell'albero

- l'assimilazione per se non sembra essere fattore limitante la crescita degli alberi adulti dato che **nessun effetto si riscontra sull'accrescimento in condizioni di alta CO<sub>2</sub>**
- Al concetto di *size-related decline* (ossia stress progressivo in funzione della dimensione) verrebbe sostituito un concetto che potrei definire di ***optimal adjustment* ossia di permanenza in uno status fisiologico ottimale durante la crescita che viene realizzato con modificazioni strutturali del sistema di conduzione Anfodillo et al. (2006)** potrebbe essere delineata in base ad alcune delle conseguenze che derivano dal **modello di West et al. (1999), verificato empiricamente da Anfodillo et al. (2006), e da alcuni lavori collegati (Enquist; 2002; Enquist, 2003).**
- Poiché le funzioni biologiche dell'albero sono le stesse per tutta la durata della vita, il concetto di senescenza o vecchiaia per un albero si intende sostanzialmente ***un rallentamento dell'efficienza di tali funzioni che comporta un rallentamento della realtà metabolica dell'albero ed infine un minore accumulo di biomassa***

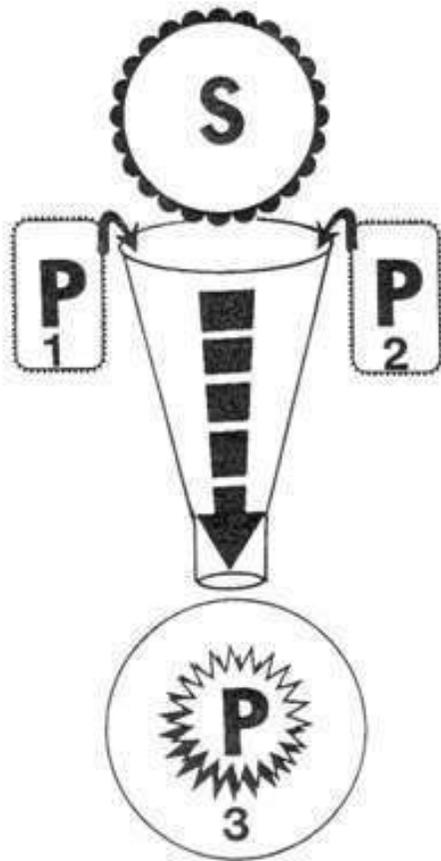
$$P < E$$

Al concetto di *size-related decline* (ossia stress progressivo in funzione della dimensione) verrebbe sostituito un concetto che potrei definire di *optimal adjustment* ossia di permanenza in uno status fisiologico ottimale durante la crescita che viene realizzato con modificazioni strutturali del sistema di conduzione (Anfodillo et al., 2006)

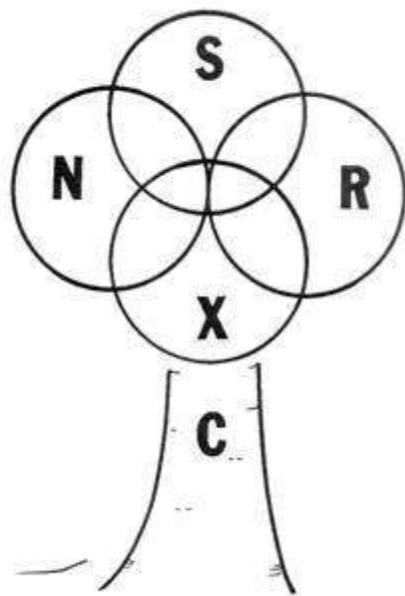
).



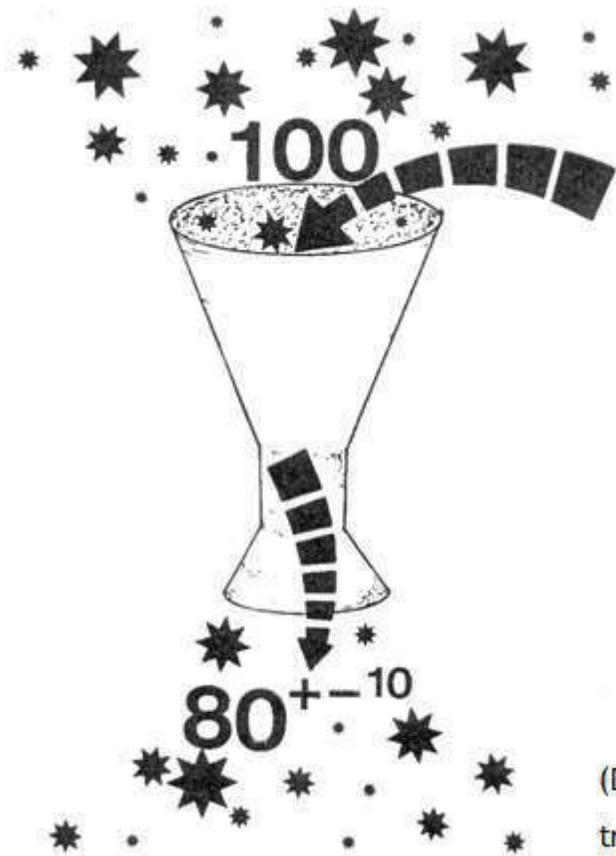
Gli alberi possono essere paragonati ad un'enorme pompa vivente. Per mantenere un elevato grado di funzionamento in un sistema vivente è necessaria una continua somministrazione di energia. Un elevato grado d'ordine nel sistema vuol dire salute. (Da: *The modern arboriculture*, di A. Shigo



**Il sistema.** Un sistema S è una sequenza ordinata di parti (P1) e di processi (P2) che genera un prodotto o servizio predeterminato (P3). L'albero e i suoi associati costituiscono un sistema vivente. La sopravvivenza di ogni sistema vivente dipende da 8 fattori: energia, programmazione genetica, spazio, acqua, elementi essenziali, temperatura, tempo e concentrazione di fattori (Da: *The modern arboriculture*, di A. Shigo, nella traduzione italiana a cura di D. Zanzi, 1995).

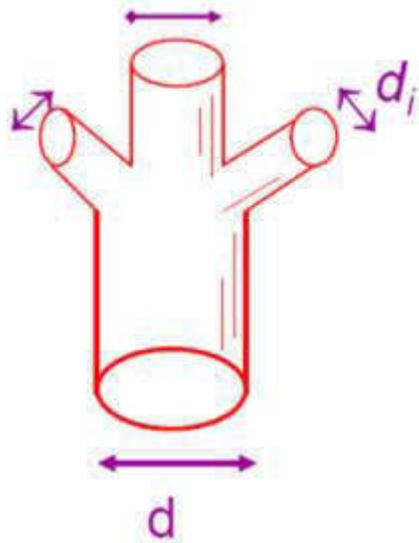


**Mantenimento dell'ordine in un sistema.** Più un sistema è ordinato, più esso è stabile e sano, e maggiore è l'energia richiesta per mantenerlo tale. Salute significa capacità di resistere ad una alterazione. Per alterazione intendiamo una condizione irreversibile causata da un eccesso di stress. Lo stress è una condizione reversibile ed è la situazione in cui il sistema lavora vicino al limite per cui è stato costruito. (Da: *The modern arboriculture*, di A. Shigo, nella traduzione italiana a cura di D. Zanzi, 1995).



(Da: *The modern arboriculture*, di A. Shigo, nella traduzione italiana a cura di D. Zanzi, 1995).

## RASTREMAZIONE



$$d^2 = \sum d_i^2$$

**Regola di Leonardo**

**(Leonardo da Vinci (1452 - 1519))**

Leonardo teorizzò che lo xilema fosse costituito da gruppi di vasi che si separano in corrispondenza delle ramificazioni in fasci più piccoli, così che ognuno di essi possa supportare la traspirazione di una determinata porzione di foglie. Sebbene, attualmente, sia stato osservato che la Csa aumenta leggermente in prossimità della porzione distale dei rami, ove proliferano i nuovi germogli, la teoria della conservazione della Csa proposta da Leonardo è stata la base dei moderni modelli per il tra-

**FIGURA 1 - L'AREA XILEMATICA PER LEONARDO**

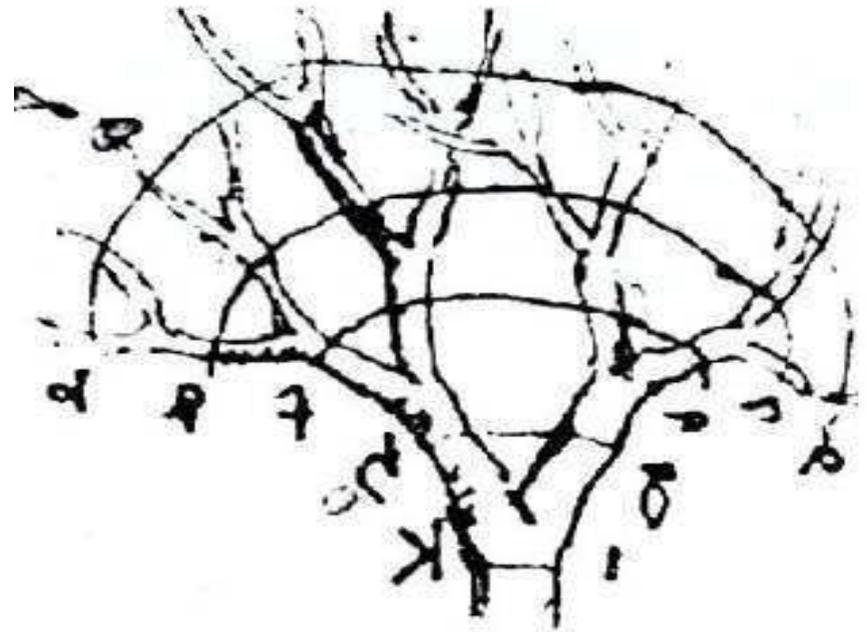


Illustrazione schematica del concetto di mantenimento dell'area xilematica nella pianta. In corrispondenza di ogni semicerchio, la somma dell'area trasversale delle branche e i rami eguaglia l'area trasversale del fusto. (Fonte: Richter, 1970).

Catadiastole allargamento basipeto approssimativamente 0,2 come grado di allargamento basipeto condotti non cilindrici (anfodillo et altri)

# Indagini morfologiche

## Apparato Epigeo

- Allungamento dei getti apicali
- Valutazione trasparenza
- Dimensione delle foglie
- Presenza e dimensione dei rami epicormici
- Avanzamento del callo di cicatrizzazione
- Dendrocronologia

## Apparato Ipogeo

- Perdita delle radici
- Numero di ramificazioni laterali
- Lunghezza apparati radicali
- Valutazione della micorizzazione

La gemma apicale ha un diametro minore di quello del ramo e la zona intermedia è ricoperta da uno strato aggiuntivo di periderma. Si origina così un cerchio di discontinuità, chiamato cicatrice perulare, che rimane ben visibile sulla superficie esterna del ramo per alcuni anni. In particolari situazioni si possono approfondire le ricerche prendendo in esame strumentalmente aspetti fisiologici e meccanici.



Foto 10 incremento del legno del 2009 con analisi del cerchio perulare



