



# **Arcobonsai 2003**

Atti del convegno

e

## **III° Trofeo Arcobonsai**

ARCO (Trentino) • 1-2-3-4 maggio 2003

## Atti 03 - Marchesini - fattori che influiscono nel processo di lignificazione del bonsai

13-17 minuti

---

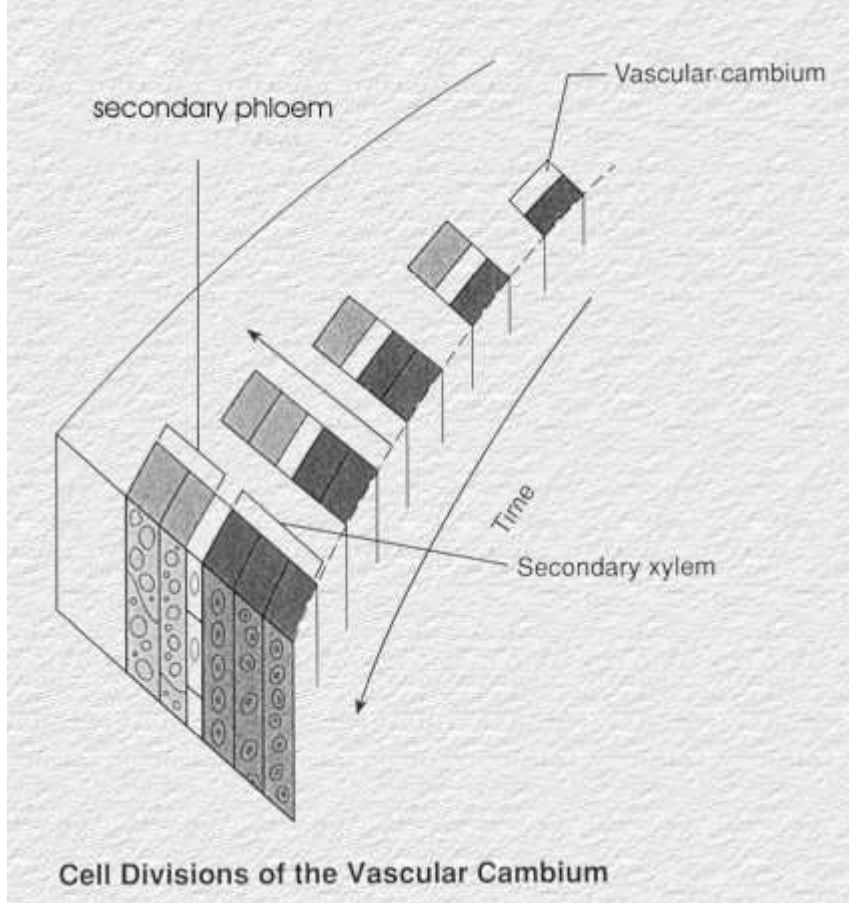


### FATTORI CHE INFLUISCONO NEL PROCESSO DI LIGNIFICAZIONE DEL BONSAI

A. Marchesini - Libero Docente dell'Università degli Studi di Milano

#### Introduzione

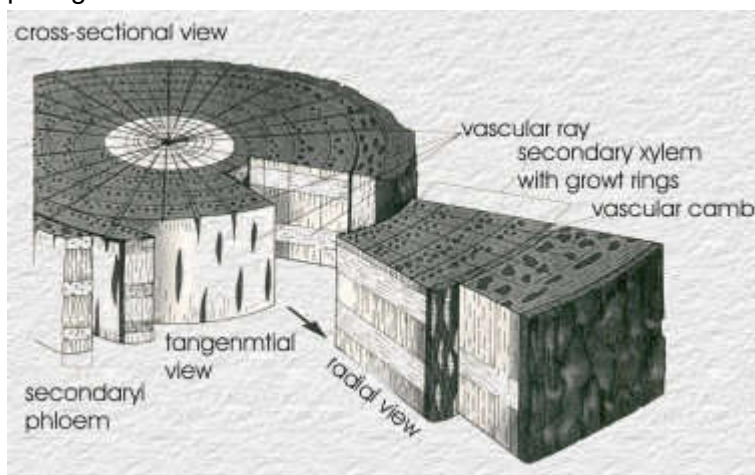
Una pianta (anche quella coltivata con la tecnica bonsai) deve risolvere un grosso problema: come coordinare la crescita e le attività delle sue diverse parti vegetali? Per essere ben formato e funzionare armoniosamente con il resto della pianta, ogni organo deve in qualche modo comunicare con gli altri; mancando tale interazione, le varie parti potrebbero crescere irregolarmente, dando luogo ad un soggetto (o bonsai) difettoso. D'altro canto, la pianta verde non dispone di un sistema nervoso, i suoi organi comunicano quasi esclusivamente attraverso un meccanismo molto più lento: il movimento, in tutte le sue parti, di quantità microscopiche di piccole molecole chiamate ormoni ed enzimi. Queste sostanze vengono comunemente definite messaggeri chimici, e il loro ruolo dipende (anche) dalla mobilità, che avviene dal luogo di produzione ad un altro, quello dove agiscono.



Nella

cellula vegetale si possono inoltre osservare importanti variazioni fisiologiche, e per realizzare tali obiettivi bastano piccole quantità di ormoni: come nel caso delle auxine. La cui azione è poi amplificata attraverso processi legati alla permeabilità delle membrane cellulari e grazie all'attività di geni e/o di enzimi. Un bonsai (come tutto gli alberi) durante l'accrescimento primaverile ed estivo-autunnale produce legno (per legno o xilema, si intende il complesso del tessuto vascolare in cui si muove la linfa ascendente; il legno non è dunque un particolare tipo di tessuto, quanto un insieme di vari tipi di tessuto: il tessuto vascolare, il tessuto parenchimatico - parenchima di riserva, parenchima conduttore - e tessuti secretori).

Il legno o xilema si distingue generalmente in due categorie: quello primaverile ottenuto dal deposito di lignine che ispessiscono cellule di grandi dimensioni e il legno estivo-autunnale, nel quale le lignine si depositano nelle pareti di cellule più piccole. Se osserviamo la sezione di un tronco d'albero possiamo perciò distinguere, per ogni anno, due anelli concentrici, uno, spesso, costituito dalle cellule più ampie e uno più "sottile" (l'anello primaverile e l'anello estivo-autunnale). Tali cerchi possono consentirci di datare l'età dell'albero, contando per ogni anno l'insieme dei due cerchi.



Generalmente la

lignina si deposita nelle cellule del tessuto legnoso distribuendosi in modo uniforme. In caso di inclinazione dei tronchi o dei rami si verificano invece depositi irregolari. In questa comunicazione si spiega l'azione dei fattori che influiscono nel processo di lignificazione del bonsai.

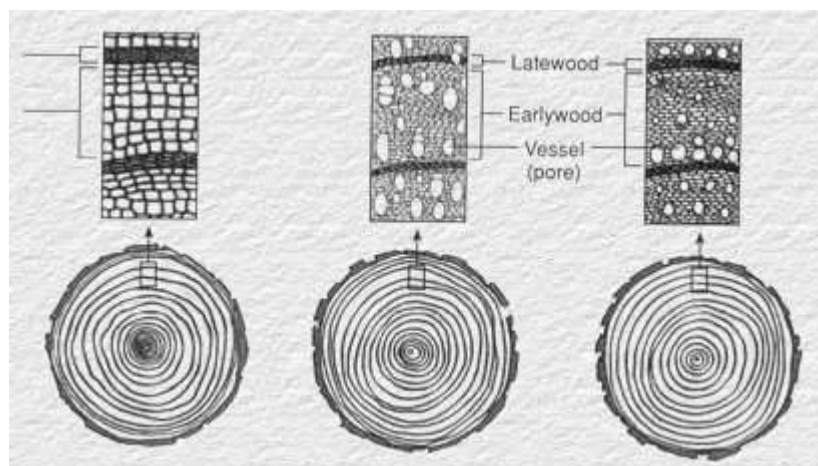
L'impiego del radiocarbonio ha semplificato lo studio della sintesi della lignina (polimero costituito da sostanze fenoliche, che si deposita nelle pareti delle cellule dello xilema) negli alberi, in rapporto alla fotosintesi delle singole foglie o dei rami. Questo problema è di notevole importanza, in quanto la deposizione della lignina nelle cellule può essere influenzata dalla distribuzione e dal numero delle foglie sull'albero (e su ogni singolo ramo). Vennero infatti inizialmente compiuti degli esperimenti di defogliazione o di oscuramento prolungato di determinati rami o gruppi di foglie, per poi stimare gli incrementi di crescita, misurando il diametro degli anelli d'accrescimento nei rami e nel fusto al di sopra e al di sotto delle foglie così trattate.

Con l'avvento delle tecniche del radiocarbonio si può invece fornire  $^{14}\text{CO}_2$  a un gruppo di foglie e poi determinare con esattezza dove finisce il carbonio (radioattivo) fissato nei composti organici da loro biosintetizzati. S'è visto che la maggior parte del carbonio del legno proviene dalle foglie vicine, e tende ad essere trasportato direttamente lungo un solo lato del tronco, molto meno in senso trasversale. Così un albero, che per qualunque ragione abbia sviluppato una chioma asimmetrica (ad esempio a seguito di malattie, potatura, ombreggiamento, ecc.) avrà anche un tronco asimmetrico, con tutte le prevedibili conseguenze, nel nostro caso, sull'estetica del bonsai.

Gli alberi poi presentano un'attività respiratoria, che complica ulteriormente la situazione descritta. Una gran massa di tessuto non fotosintetico presenta una attività respiratoria che deve essere compensata e sostenuta dall'attività degli organi e tessuti fotosintetici.

La tabella n°1 illustra la situazione sopra descritta.

Età dell'albero in anni	percentuale di carbonio totale utilizzata per la crescita
10	37
40	42
90	31



Il legno

(secondario: di tronco e rami principali) non è omogeneo in quanto presenta delle discontinuità nelle componenti cellulari; la più evidente è data dai cerchi di accrescimento. Il legno primaverile è composto da cellule con largo diametro

e pareti sottili, che degradano nel legno estivo-autunnale costituito da cellule con lume stretto e pareti spesse.

I fisiologi hanno studiato con notevole cura i fattori che controllano la deposizione della lignina nelle cellule dello xilema:

L'attività del cambio e lo sviluppo dell'albero sono regolati da ormoni. Se si applica ad un albero dell'auxina, presso il punto trattato viene prodotto un legno primaverile, mentre il trattamento con acido 2.3.5 triodobenzoico ha l'effetto opposto, con produzione di legno estivo. Si può quindi pensare che ormoni prodotti dalle gemme al momento della ripresa vegetativa primaverile stimolino l'attività del cambio, regolando altresì il tipo di cellule xilematiche prodotte.

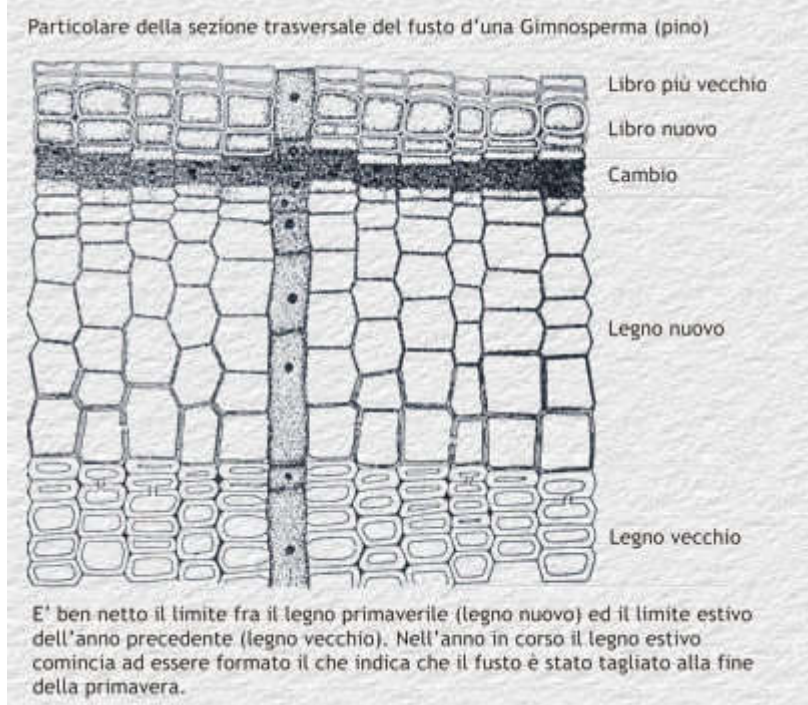
Il fotoperiodo (sensibilità del vegetale alla quantità di luce giornaliera fornita durante le diverse stagioni) influenza il tipo di sviluppo delle foglie e dei fusti, che a sua volta influenza la produzione di legno perché si verifica una diversa velocità di accrescimento. La produzione del legno primaverile è contemporanea infatti alla *crescita per distensione* delle gemme e dei germogli apicali, fenomeno questo sotto il controllo appunto del fotoperiodo, che coordina poi la produzione di ormoni.

La temperatura influenzerebbe la crescita, facendo aumentare la lunghezza delle cellule come si constata bene nelle gimnosperme, tuttavia il fenomeno non sarebbe legato alla fotosintesi perché la (bassa) temperatura notturna è anche più efficace di quella (più elevata) diurna. L'effetto della temperatura agirebbe direttamente e non attraverso l'attività delle foglie e dei meristemi apicali.

#### 1. Assimilazione del carbonio

La fotosintesi è importante perché fornisce il carbonio necessario per la produzione del legno. Gruppi di foglie tendono a fornire il carbonio a specifiche aree sottostanti del tronco o del ramo, così che i rami parzialmente defogliati si sviluppano in modo asimmetrico. La relazione più importante è che lo spessore delle pareti cellulari è direttamente correlato all'assimilazione netta (differenza tra fotosintesi e respirazione).

Si nota così che i tipi di cellule del legno, tipo primaverile o tipo estivo-autunnale, sono determinati dai fattori che governano la sintesi degli ormoni nelle foglie, mentre la lunghezza delle cellule è controllata dalla temperatura e lo spessore della parete dalla velocità di fotosintesi netta.

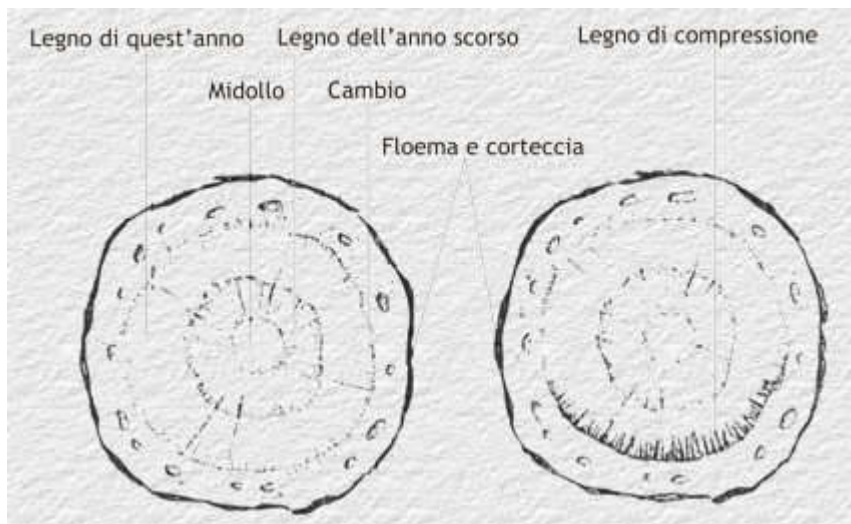


La disponibilità d'acqua influenza l'espansione fogliare che, a sua volta, per effetto degli ormoni regola il tipo di legno secondario. In generale una rapida crescita delle foglie è associata alla formazione di legno primaverile, mentre in periodi siccitosi la crescita rallenta e si forma legno estivo. Una pesante siccità seguita da un periodo di abbondanti piogge può però causare la comparsa di falsi cerchi, per cui nel corso di una singola stagione si può osservare il graduale passaggio dal legno primaverile all'estivo e poi di nuovo al primaverile ed all'estivo.

#### 1. Legno di reazione e movimenti di orientamento

Se un albero (o un ramo) viene artificialmente inclinato succedono diverse cose. L'apice vegetativo mostra la cosiddetta risposta geotropica, tornando ad crescere verso l'alto (il fusto o il ramo si sposta leggermente verso la verticale). Queste risposte sono dette *movimenti di orientamento*. Contemporaneamente si forma un nuovo tipo particolare di legno secondario, posto sul lato superiore del cambio, maggiormente nelle angiosperme (legno di estensione) o su quello inferiore nella maggior parte delle gimnosperme ed è chiamato legno di compressione.

#### 1. Conformazione della chioma



Gli alberi

presentano forme caratteristiche a seconda della specie, ciò dipende dalla

pronunciata dominanza apicale, come nei pini, in altri casi dal preciso angolo di ramificazione, come nell'Abete rosso ed in alcune varietà di Pioppo. In altri casi ancora dalla caratteristica crescita delle gemme apicali come nel caso del Faggio o delle Querce. La forma della chioma può anche dipendere da fattori fisici dovuti all'aumento delle dimensioni di tessuti non fotosintetizzanti. Quando le radici vengono a trovarsi a corto di carboidrati, si ha un conseguente rallentamento dello sviluppo e dell'assorbimento di acqua e di sali minerali. Questo fatto influisce negativamente sull'accrescimento dei rami principali e sull'efficienza della dominanza apicale, quindi si avrà una maggiore espansione dei rami laterali e la cima dell'albero si appiatterà. Ciò limita la sua crescita verso l'alto con rallentamento dello sviluppo dei rami in posizione più elevata e dunque con il più basso potenziale di acqua.

#### 1. Conseguenza della crescita perenne

Il mantenimento di una grande massa di tessuto non funzionale (non fotosintetizzante).

La necessità di riserve metaboliche conseguenti alla fase di dormienza invernale.

Il fabbisogno, nelle piante spoglianti, di una ridistribuzione della sostanza nutritiva e della clorofilla prima della caduta autunnale delle foglie per evitare una carenza annuale (dell'anno successivo).

#### **Conclusioni**

La coltivazione bonsai si fonda su operazioni che debbono essere eseguite al fine di ottenere alcune risposte che forniscono pregi estetici allo sviluppo del bonsai stesso.

Per realizzare un bonsai oggi non si può ricorrere a particolari sostanze ormoniche (nanizzanti), le quali nonostante possano fornire risultati interessanti, debbono essere utilizzate solo in particolari momenti di crescita degli alberi ed eventualmente con le necessarie conoscenze biochimiche e fisiologiche delle piante.

La metodologia atta ad ottenere un bonsai che assuma un aspetto artistico e produca un albero ideale può essere realizzata secondo il seguente programma:

- Esposizione solare nei punti d'accrescimento, soprattutto in primavera;
- Mantenimento della più bassa temperatura notturna con una escursione termica entro i 5-10°C tra il giorno e la notte;
- Per ottenere una crescita diffusa su tutta la chioma, si può procedere alla soppressione di alcune gemme nella zona apicale. Si perde così temporaneamente la dominanza apicale e si favorisce un infittimento della chioma;
- L'inclinazione di parti di albero favorisce un deposito di lignina particolarmente ispessito nel legno primaverile. Una inclinazione permanente ottenuta con l'applicazione di fili metallici durante la stagione di crescita può favorire uno sviluppo e un invecchiamento precoce del legno, il che consente di realizzare nel bonsai particolari di notevole interesse;
- L'incisione della corteccia con tagli fatti su tronco o rami (specie alla loro base) può consentire un migliore sviluppo della corteccia stessa, tanto da simulare

un invecchiamento precoce del bonsai;

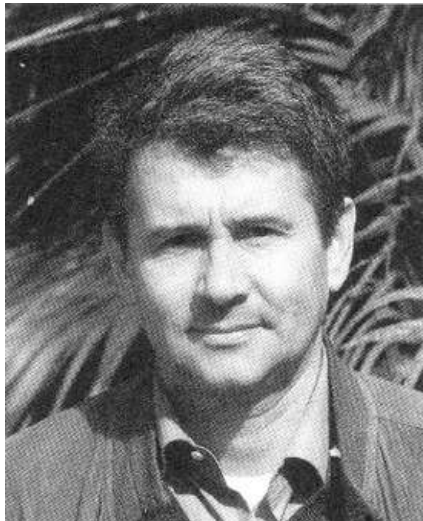
- L'allevamento di una specie vegetale di bonsai fuori dalla naturale area di sviluppo della specie può anche produrre un accrescimento più rapido del bonsai stesso. Ma va ricordato che di solito il legno "precoce" prodotto in questi soggetti risulta di qualità decisamente inferiore, in quanto vengono generati anelli concentrici molto sviluppati con un modesto deposito di legno autunnale e primaverile. Tale fatto conferisce al bonsai fragilità e scarsa resistenza al gelo;
- E' opportuno ricordare che nel coltivare bonsai si deve considerare sia lo sviluppo aereo sia quello sotterraneo; poiché il maggiore sviluppo della chioma produce un incremento dell'apparato radicale, le esigenze alimentari debbono essere particolarmente curate onde evitare dei possibili stress dovuti a carenze nutritive.



## Atti 03 - Poli - il bilancio idrico della pianta

13-18 minuti

---



### IL BILANCIO IDRICO DELLA PIANTA

Partecipo ad Arcobonsai da 15 anni e tutti gli anni ho fatto qualche piccolo intervento di questo genere con un taglio abbastanza scientifico e comprensibile a tutti, cercando di trovare degli argomenti che, dal punto di vista scientifico, si possano agganciare al mondo bonsaistico, cosa che diventa sempre più difficile.

L'argomento che propongo oggi è solo un sistema per parlare con voi, per interagire con voi, per darvi qualche informazione e soprattutto per rispondere ai vostri quesiti.

Quest'anno ho preparato questo argomento che, ha mio avviso ha un nome abbastanza importante: "Il bilancio idrico della pianta"; parlerò quindi della quantità di acqua che entra e che esce da una pianta, dell'importanza dell'acqua, ecc.

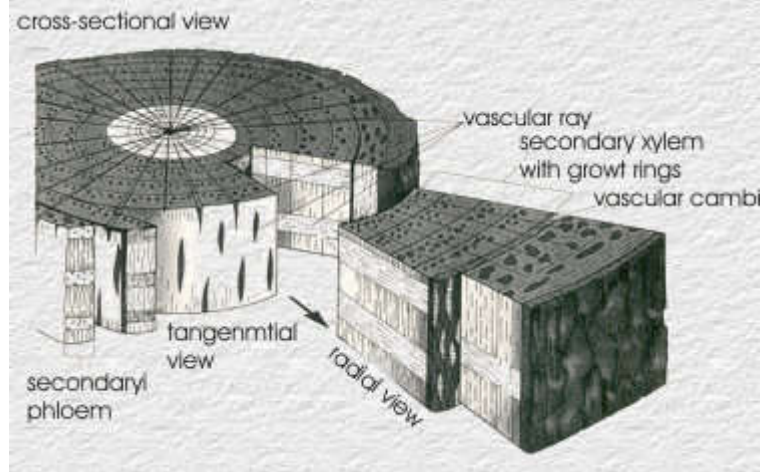
Subito mi sono posto e pongo a voi questa domanda: " Perché la pianta ha bisogno di acqua? Perché proprio l'acqua e non un qualsiasi altro elemento presente sulla terra? "

Perché l'acqua? Perché noi organismi viventi, comprese le piante, siamo fatti circa dal 90% di acqua. Ci sono organismi che sono addirittura composti dal 98% di acqua.

Perché le piante sono gli organismi che hanno maggior bisogno di acqua?  
Perché continuano ad aspirare acqua dal terreno?

Le piante hanno soprattutto bisogno di incamerare anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e questa si trova nell'aria in percentuale molto, molto bassa (0,03%).

Giustamente è così bassa, altrimenti noi avremmo dei problemi per la nostra vita, ma le piante né hanno un estremo bisogno per la fotosintesi clorofilliana.



La fotosintesi è

quel processo che serve alle piante, incamerando anidride carbonica dall'aria e con l'energia del sole, per produrre tutte le molecole delle quali la pianta ha bisogno, soprattutto zuccheri, ma anche tutte le altre molecole. Per fare questo però, serve la CO<sub>2</sub> di cui abbiamo detto, hanno estremo bisogno, per cui le piante traspirano (perdono) grossissime quantità di acqua attraverso gli stomi, cioè quelle aperture presenti sulle foglie che si possono aprire e chiudere a seconda delle necessità della pianta. Per poter incamerare anidride carbonica, ovviamente le piante debbono tenere gli stomi aperti, e tenendo gli stomi aperti, perdono passivamente l'acqua. Questo vuol dire che le piante debbono mediare questa perdita di acqua con la richiesta del massimo assorbimento di anidride carbonica. In sintesi le piante se vogliono crescere hanno bisogno di assumere CO<sub>2</sub>, per prendere la quale devono tenere gli stomi aperti e sopportare la perdita di acqua. Devono quindi trovare il sistema di creare un equilibrio tra la necessità di prendere CO<sub>2</sub> e il danno che comporta perdere l'acqua attraverso gli stomi. A livello degli stomi l'acqua passa dallo stato liquido allo stato di vapore e come vapore viene dispersa nell'aria. Le piante per mediare questo, cioè per limitare la perdita di acqua a livello delle foglie e per poter incamerare grosse quantità di CO<sub>2</sub>, hanno messo a punto un sistema che permette un rapido trasporto dell'acqua dal suolo per sostituire le molecole di acqua che vengono perse a livello delle foglie, mediante un sistema rapido di salita della linfa grezza che, come sappiamo, è composta in gran parte di acqua. Durante questa breve relazione vedremo come si sposta l'acqua dal suolo, attraverso la pianta e dalla pianta all'atmosfera tramite gli stomi presenti nelle foglie.

L'acqua inizialmente è nel suolo, tramite le piccole radichette entra nella radice, entra nel sistema che è chiamato xilema ed è la linfa che sale (linfa grezza ascendente) e che arriva alle foglie. Qui avviene la dispersione dell'acqua passando dalla forma liquida alla forma gassosa.

Vediamo ora di analizzare le singole componenti partendo dall'acqua nel suolo.

L'acqua nel suolo è presente in diverse concentrazioni ed in diverso modo a seconda del tipo di suolo in cui si trova.

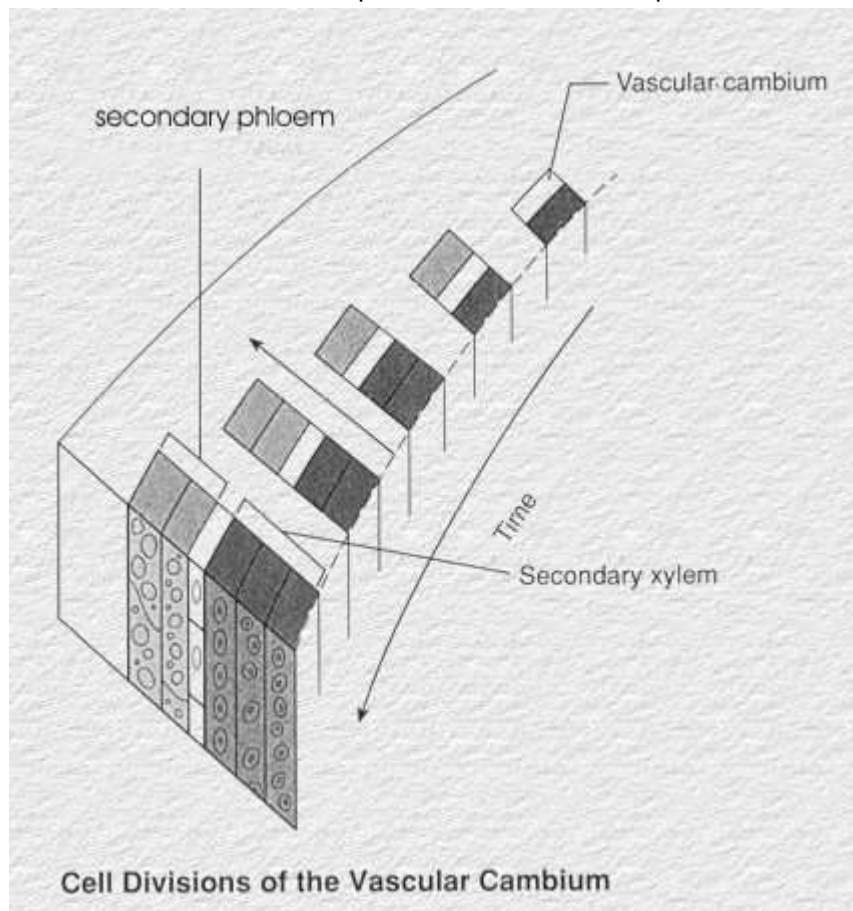
Se ho un terreno sabbioso ho un terreno nel quale il diametro delle particelle è abbastanza grossolano. Quindi la sabbia lascia uno spazio abbastanza grande tra le particelle. L'argilla, invece, è formata da piccolissime particelle e quindi permette di incamerare una quantità di acqua che è notevolmente superiore rispetto alla sabbia. Esemplicando, in un terreno sabbioso l'acqua percola facilmente mentre in un terreno argilloso, sia per la granulometria molto piccola che per altre componenti del terreno quali humus e materiali organici, trattiene

grosse quantità di acqua.

La capacità di campo cos'è? E' un indice per cui, se io ho due vasi dei quali uno viene riempito di sabbia ed uno di argilla, la quantità di acqua trattenuta dall'argilla avrà un indice molto alto mentre sarà molto basso per il vaso contenente terreno sabbioso.

Da tenere presente nelle piccole dimensioni del vaso bonsai dove, se metto sabbia grossolana, questa ha una bassissima capacità di trattenere acqua; se invece metto argilla avrò una grande capacità di trattenere l'acqua. L'akadama che è composta da granuli di argilla, possiede entrambe delle caratteristiche in quanto trattiene l'acqua all'interno dei suoi granuli mentre l'acqua sgonda per effetto degli spazi esistenti tra i granuli stessi e quindi sofferisce ai fattori negativi di entrambi i terreni.

Vediamo ora come fanno le piante ad assorbire l'acqua dal terreno.

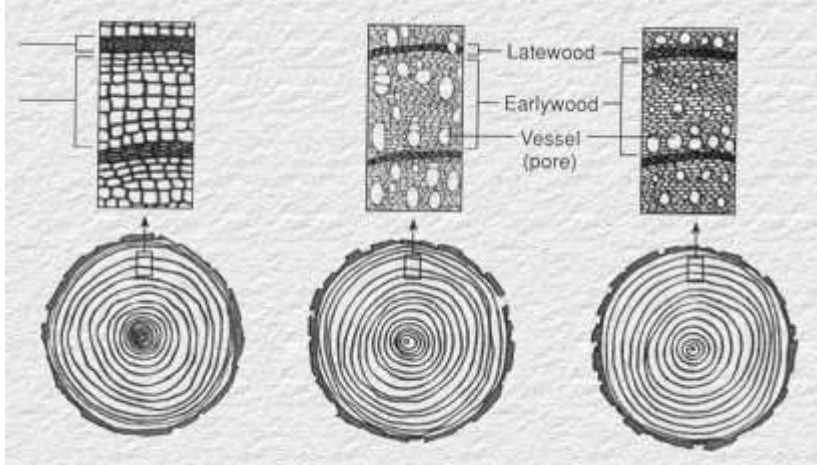


è possibile vedere una radice con quelle piccolissime estroflessioni della radice che sono i peli radicali, che si inseriscono tra gli spazi delle particelle del terreno e vanno a prendere quella quantità di acqua che aderisce alle particelle stesse. Se il terreno ha una granulometria grande ci sono delle enormi bolle d'aria nel terreno dove l'acqua non si ferma, dove l'acqua non viene trattenuta. Quindi grazie ai peli radicali le piante possono andare a strappare quella quantità di acqua che aderisce alle particelle del suolo.

Vediamo dove va a finire l'acqua una volta strappata dal capillare alle particelle del suolo e come avviene l'assorbimento dell'acqua tramite le radici. E' il contatto intimo fra le radici e il suolo il punto fondamentale per l'efficacia dell'assorbimento. Se ho un terreno con sassi di dieci centimetri di diametro non ci sarà nessun contatto con le radici. Al contrario con particelle piccole si ha un miglior contatto. Ci deve quindi essere un contatto diretto tra il terreno e le radici e questo contatto è notevolmente migliorato dalla presenza di numerosissimi peli radicali i quali essendo così piccoli si inseriscono tra le particelle del terreno.

Una volta che l'acqua è entrata nel pelo radicale segue le varie vie che dal pelo radicale portano l'acqua fino all'interno di quello che viene chiamato cilindro centrale, cioè parte centrale della radice, trasportando una piccola quantità di sali presenti nel terreno. Questo determina che all'interno dello xilema, cioè della parte centrale della radice, si generi successivamente un accumulo di sali. Questo accumulo di sali determina una spinta positiva verso l'alto per pressione osmotica. Se ad esempio prepariamo un sacchettino, fatto con viscere di un animale e lo riempiamo di sale o di zucchero, immergendolo in acqua, possiamo vedere che il sacchettino continua a gonfiarsi perché l'acqua passa attraverso le viscere per diluire sale interno, generando una pressione che allarga le pareti. Più o meno è la stessa cosa nella radice dove si crea l'accumulo di sali che determina un richiamo di acqua verso la zona centrale della radice. Questo determina una pressione che spinge l'acqua verso l'alto. Questa spinta si chiama "pressione radicale". La prova dell'esistenza di questa pressione si può dimostrare prendendo un seme appena germinato e tagliando il germoglio. Dopo pochi minuti vedrà che sul taglio si forma una gocciolina di acqua che poi cade a terra, dopo un poco si formerà un'altra gocciolina e così via a dimostrazione che c'è acqua che dal terreno, tramite la radice, viene spostata verso l'alto. Il "piangere" delle viti quando vengono potate è anch'esso una dimostrazione dell'effetto della pressione radicale.

I peli radicali non sono visibili ad occhio nudo. Con una lente di ingrandimento si vede una leggera peluria, i peli radicali aumentano anche di mille volte la superficie di assorbimento. Sono presenti soprattutto nelle piante che vivono in ambienti relativamente secchi. Negli ambienti umidi sono in numero limitato o addirittura non ci sono essendoci tanta acqua e quindi c'è comunque un assorbimento. Nei pini non ci sono oppure ce ne sono molto pochi e questo viene sopperito dal fatto che nei pini, così come nelle querce, ci sono le micorrizze, cioè quelle simbiosi determinate da funghi che avvolgono le radici e in questo modo il fungo fa da pelo radicale favorendo l'assorbimento dell'acqua. Il pelo radicale è effimero, vive un giorno, a volte poche ore, e questo succede anche per il fatto che la pianta, ovvero la radice è sempre, in movimento per effetto della crescita e il pelo radicale viene strappato via. La pianta continua a produrre i peli radicali che vanno sempre a cercare quei microspazi esistenti tra le particelle del terreno. Si tratta di una struttura viva ed è per questo che ha bisogno di essere areata, che ha la necessità che arrivi anche ossigeno alle radici da cui la necessità che esistano *anche* delle bolle d'aria nel *terreno*, per cui il terreno non può essere asfittico, pieno d'acqua come succederebbe ad un vaso con il sottovaso immerso in acqua pieno fino all'orlo, nel quale si provoca la morte delle radici e cessa la produzione di peli radicali. Anche se la radice è nel terreno ha bisogno di ossigeno, deve respirare, ci deve essere un equilibrio tra la quantità di acqua e la quantità di aria che arriva alle radici.



Ricapitoliamo: nella radice c'è questa spinta che porta la linfa dal basso verso l'alto. Poi succede che l'acqua si muove attraverso i tubi dello xilema, visibili anche a occhio *nudo come tanti* piccoli punti che ci appaiono se tagliamo un ramo di quercia, rigidi, impermeabili. Per arrivare ai rami più alti c'è bisogno di una certa quantità di pressione. Questa determinata quantità di pressione, non misurata sperimentalmente nelle piante, ma evidentemente esistente, è sufficiente per arrivare a cento metri di altezza quali le più alte sequoie esistenti negli Stati Uniti.

Ma l'acqua con quale velocità si muove nel fusto? A livello di quei tubi che abbiamo visto prima, si può muovere tra i 16 e i 45 metri all'ora che *vuol* dire *trasformando* in millimetri al secondo, da 4 a 13 millimetri al secondo. Questo nelle angiosperme quali un acero. Nei pini invece questa velocità è molto più bassa e va da 1 a 6 metri all'ora. Da 10 a 16 volte inferiore. Questo perché nei pini il lume delle trachee è molto più sottile, ci sono dei tubi più piccoli rispetto alle latifoglie. Ecco perché i pini crescono più lentamente e hanno bisogno di una quantità di acqua di molto inferiore rispetto ad un acero.

Questi tubi non sono isolati l'uno dall'altro, ma sono interconnessi tra di loro. Se per caso si forma una bolla d'aria, cosa abbastanza facile in quanto nell'acqua ci sono disciolti dei gas che a determinate *temperature* o sotto certe pressioni tornano allo stato gassoso, ciò interrompe il flusso dell'acqua in quel tubo, ma essendoci delle connessioni tra i tubi il flusso continua nel tubo libero. Inoltre di sera la pressione radicale aumenta e non c'è perdita d'acqua a livello delle foglie per mancanza del sole, per cui la pressione continua ad aumentare e la bolla d'aria viene riassorbita liberando nuovamente il percorso del tubo interrotto che sarà utilizzato al mattino successivo.

Un'altra forza è molto importante per la risalita dell'acqua a livello del fusto della pianta. Questa forza si può spiegare con la teoria della coesione-tensione.

Questa teoria dice che l'acqua evaporando a livello della foglia, quindi passando dallo stato liquido allo stato di gas, aspira l'acqua presente nello xilema essendo i tubi impermeabili e rigidi. La forza di aspirazione dall'alto aspira l'acqua presente nello xilema e la colonna d'acqua che si può anche rompere è però soggetta alle caratteristiche di coesione proprie delle molecole dell'acqua che avendo due cariche (una positiva ed una negativa) permette alle varie molecole di aggregarsi tra di loro.

Questa teoria può essere dimostrata sperimentalmente: Se prendo una rosa bianca, la taglio e la metto in un vaso con una soluzione di blu di metilene, dopo un certo periodo di tempo avrò una rosa blu. E' una dimostrazione indiretta che esiste questa forza che fa salire l'acqua attraverso i tubicini per

effetto della traspirazione delle foglie e non per la pressione radicale inesistente in un fiore reciso.

Abbiamo visto prima che l'acqua viene persa dalle foglie attraverso il passaggio dallo stato liquido allo stato di gas. Quindi il vapore acqueo esce dalla foglia attraverso gli stomi. L'apertura degli stomi è una apertura regolabile ed è in relazione con l'attività fotosintetica, cioè se la pianta ha bisogno di fare fotosintesi tiene aperti gli stomi, se non ne ha bisogno, magari per risparmiare acqua, chiude gli stomi.

Il rapporto di traspirazione tipico di ogni pianta è dato dal numero di molecole di acqua traspirate tratto il numero di molecole di anidride carbonica. C'è sempre un rapporto tra la quantità di acqua traspirata e la quantità di CO<sub>2</sub> che deve essere incamerata per fare la fotosintesi.

Per concludere,, l'acqua all'interno della pianta, può essere considerata come un sistema idraulico continuo, che collega l'acqua presente nel sottosuolo con l'acqua sotto forma di vapore esistente nell'atmosfera- Tutto questo sistema è una risposta di forze fisiche e chimiche, e non richiede direttamente energia.

La pianta non consuma energia per aspirare l'acqua e nemmeno per disperderla. L'unica energia che gli serve è quella per mantenere integre le strutture al resto ci pensa il sole.