

L'ALBERO, ENTITA' BIOLOGICA

Prof. Pierre Raimbault
Scuola Nazionale d'Ingegneria
Francia

La comune definizione dell'albero come "Una pianta legnosa perenne dotata di un fusto principale che (...) ha generalmente poche o nessuna branca nella sua parte inferiore ed è coronata da una chioma di rami e foglie (...)" (dizionario Websters) è per noi inadeguata. Per comprendere lo status dell'albero nel mondo vivente, dobbiamo rispondere a due domande: che cosa è una pianta rispetto a un animale? Che cosa è un albero rispetto a una pianta erbacea? Risponderò gradualmente alla prima domanda. Ma la risposta alla seconda può essere riassunta con una frase: un albero è una pianta in cui i problemi dimensionali e di durata nel *medium aereo* sono ingranditi e in cui vengono esplorate due dimensioni nella morfogenesi. L'evoluzione delle influenze relative di questi tre fattori determina dieci fasi morfologiche e fisiologiche nello sviluppo dell'albero.

DIMENSIONI

Mentre un animale si compone di un gran numero di organi, una pianta è costituita principalmente da cinque soli tipi di organi: foglie, fusti, fiori, radici assorbenti e radici di crescita. Fondamentalmente, gli animali crescono attraverso l'ingrandimento degli organi esistenti; la crescita delle piante è un processo morfogenetico ripetitivo di organi identici; per raggiungere una notevole dimensione verticale e orizzontale, l'albero deve inoltre organizzare le proprie diverse parti secondo una gerarchia che conduce a una pre-... ovvero post-selezione nello sviluppo. Durante l'intero sviluppo dell'albero si alternano fasi di ripetizione e di organizzazione gerarchica, consentendo a esso di raggiungere notevoli dimensioni.

Ripetizione

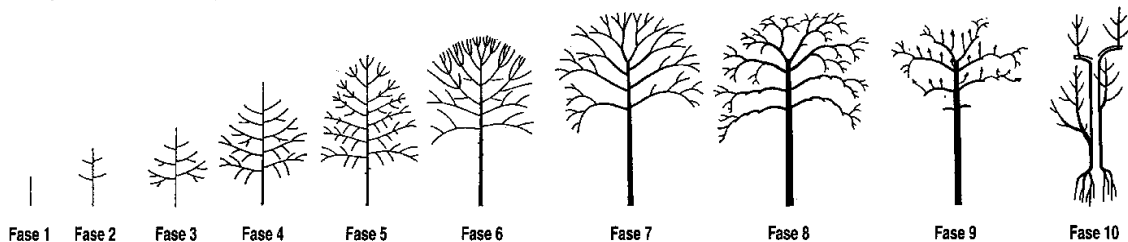
La fondamentale organizzazione spazio-temporale della parte aerea di una pianta è il funzionamento plastocronico del meristema che costruisce il germoglio fogliare. Un ciclo morfogenetico, che costruisce una foglia e un pezzo di fusto, viene compiuto nel giro di qualche giorno; questa attività ritmica è autocontrollata. Esistono due tipi principali di crescita di un germoglio: nel primo (specie aritmiche: *Fraxinus spp.*, *Acer spp.*, *Platanus spp.*) ogni anno vengono prodotte solo alcune foglie: se il germoglio è vigoroso, la lunghezza dell'internodo può superare i 20 cm, quindi il ramo può raggiungere 1 m o più con solo 7 o 10 foglie; nel secondo tipo (specie ritmiche: *Quercus spp.*, *Malus spp.*, *Crataegus spp.*, *Prunus spp.*) la stessa attività plastocronica è soggetta a fluttuazioni ritmiche, con periodi di circa 4 settimane; un ramo vigoroso emette fino a 20, 50 o 100 foglie con una lunghezza dell'internodo breve e costante.

fondamentale

Selezione fondamentale

Durante la formazione del germoglio, i meristemi laterali possono crescere non appena sono stati elaborati dal meristema principale, come negli arbusti e nelle essenze erbacee annuali e perenni. Negli alberi le gemme laterali non hanno alcuno sviluppo fino alla primavera seguente: esse restano sotto l'influenza del meristema principale, la cosiddetta dominanza apicale. L'anno successivo, le gemme laterali possono svilupparsi in modo uniforme oppure preferibilmente alla base, come nelle perenni e negli arbusti. Ma, negli alberi, questa dominanza apicale può durare per molti anni (Figura 1, fasi 1 e 2). Poi, in primavera, si sviluppano solo le gemme laterali più alte differenziate nell'anno precedente, e quella terminale se esiste; più sono alte sul fusto più la crescita è vigorosa: chiamiamo acrotonia questa crescita differenziata (Figura 1, fase3).

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



Ripetizione e post-selezione sul tronco

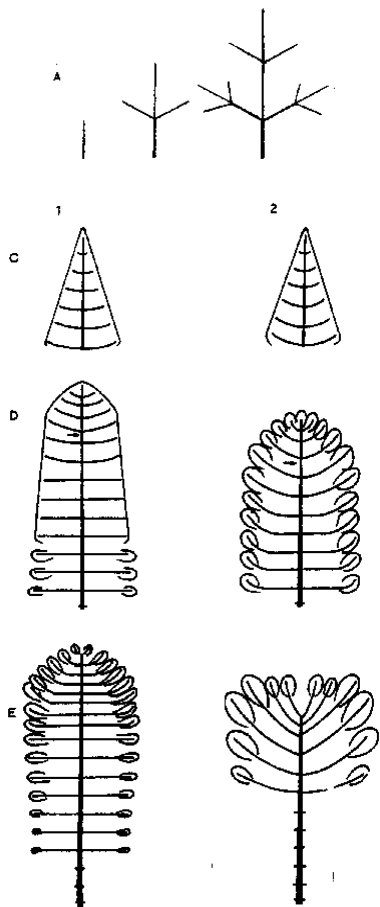
Lo sviluppo ritmico annuale crea una architettura ritmica e la ramificazione dell'albero. Ma gli stessi processi, cioè la dominanza apicale e l'acrotonia a livello arboreo, provocano rispettivamente la crescita più o meno orizzontale (plagiotropismo) dei rami dominanti dal germoglio terminale del tronco e lo sviluppo preferenziale dei rami più alti (figura 1, fase 4)

Ripetizione e pre-selezione sui rami dell'albero giovane

Un ritmo annuale di crescita, seguito da una preselezione acrotona nello sviluppo delle gemme laterali, porta alla formazione dei rami. Oltre a ciò, un secondo e simultaneo tipo di preselezione del potenziale di crescita dei germogli durante l'inverno porta a una maggiore crescita delle gemme poste sul lato inferiore rispetto alle gemme sul lato superiore: si tratta della cosiddetta ipotonia. Così il tronco si sviluppa sulla base di una simmetria assiale, mentre il ramo dominato si sviluppa sulla base di una simmetria bilaterale. Dopo molti anni, il germoglio terminale del tronco perde la propria dominanza sulle branche laterali, che diventano indipendenti (Figura 1, fase 5). Esse allora crescono verso l'alto e con maggior vigore, diventando tronchi secondari: ognuna di esse ripete il processo iniziale di ramificazione del tronco con simmetria radiale (isotonia) che viene conseguentemente chiamato reiterazione sillettica. Qualche anno più tardi, le branche secondarie si sottraggono al controllo dei germogli terminali delle branche primarie, e così via. L'albero giovane, che finora ha costituito una unità, perde la propria coesione e diventa un corpo composto da varie centinaia di individui (Figura 1, fase 6).

Selezione nell'albero giovane

Possiamo ora distinguere due parti nel sistema di ramificazione dell'albero: la parte inferiore, costituita da branche nate sotto la forte dominanza apicale del tronco, scompare progressivamente, mentre la parte superiore, cresciuta attraverso un processo di reiterazione, è soggetta a un forte sviluppo e costruisce la chioma dell'albero adulto (Figura 2). L'apparato radicale è soggetto a processi di sviluppo simili, in cui la reiterazione è il fondamentale principio di ripetizione. La dominanza apicale e l'equivalente dell'epitonia sono fattori di pre e post-selezione. Acrotonia e ipotonia sono probabilmente impossibili e si è di rado osservata una crescita ritmica; ciò sembra dipendere dalla crescita della parte aerea.



DURATA

Le cellule animali vengono sostituite con regolarità, mentre nelle piante le nuove cellule si accumulano esternamente rispetto alle vecchie cellule che restano, vive o morte, nello stesso luogo. I tessuti vengono accumulati dagli alberi in due direzioni: in lunghezza i nuovi germogli vengono aggiunti agli apici dei germogli dell'anno precedente; in spessore gli anelli lignei vivi vengono aggiunti esternamente a quelli vecchi. Questi due tipi di crescita hanno conseguenze rispettivamente sul rinnovo delle branche e sull'evoluzione dell'apparato radicale. Si possono trarre tre conclusioni pratiche. In primo luogo gli animali feriti possono guarire sostituendo le cellule morte con cellule nuove; negli alberi le cellule morte restano definitivamente dove si trovano, a meno che non siano distrutte da funghi, e quelle nuove coprono il legno morto ma non guariscono la ferita in senso stretto: ciò pone il problema della diagnosi patologica meccanica e fisiologica. In secondo luogo, una parte amputata di un animale non può essere sostituita, o può esserlo solo in casi rari: potare un ramo di un albero provoca una reazione morfogenetica che ripristina la parte tagliata; ciò pone il problema degli effetti della potatura e della risposta fisiologica. In terzo luogo, tutti gli organi di un corpo animale hanno all'incirca la stessa età; nelle piante un meristema è soggetto ad un invecchiamento ontogenetico o a un movimento morfogenetico; indipendentemente dalle condizioni fisiologiche, la morfogenesi muta passando da un esemplare giovane a uno adulto e a uno senescente ma ancora funzionale: ciò solleva la questione dell'invecchiamento fisiologico e ontogenetico nello spazio e nel tempo.

Il rinnovo dei rami

La lunghezza dei rami non può aumentare all'infinito. Sotto il proprio peso, i rami primari tendono a piegarsi progressivamente. Le ramificazioni che crescono verso l'alto si sviluppano e si ramificano con vigore maggiore rispetto a quelle sul lato inferiore e ancora più dello stesso asse principale. Dopo molti anni si verifica una post-selezione nel corso della quale le branche che crescono verso l'alto "uccidono" quelle sul lato inferiore e, in seguito, l'asse principale; si tratta dell'epitonia. Una delle branche (epitone) che crescono verso l'alto diventa l'asse principale, ma in seguito anch'essa verrà sostituita da un ramo epitono più interno, e così via. In questo modo i rami organizzano il rinnovo permanente di una parte sempre più importante della loro struttura.

L'evoluzione dell'apparato radicale

L'accumulo di legno vivo all'esterno di una zona sempre più ampia di legno morto è con tutta probabilità la causa principale del marcato sviluppo di radici laterali e orizzontali a spese delle radici più interne, oblique e verticali, la crescita delle quali si rallenta e si ferma (Figura 2).

Diagnosi: patologia, meccanica e fisiologia

L'arboricoltura, in quanto esperto del settore, deve distinguere tre parti nella diagnosi: la patologia, la meccanica e la fisiologia. Consideriamo tre situazioni tipiche: La diagnosi tradizionale in patologia valuta l'entità delle malattie e gli agenti patogeni. Funghi sistemici come *Verticillium spp.* e *Ceratocystis spp.* provocano la distruzione della corteccia nel giro di uno o due anni: l'esperto può prevedere senza alcuna ambiguità il declino rapido e totale dell'albero. Ma la maggior parte delle situazioni non sono altrettanto chiare e gravi. Dopo aver identificato la specie fungina, il patologo può stimare l'estendersi della carie nella corteccia e nel legno; l'esperto prende poi in considerazione le dimensioni della carie, l'architettura dell'albero e alcuni sintomi esterni che rappresentano reazioni più o meno vigorose a difetti interni, secondo la legge della distribuzione costante dello stress; indi propone un trattamento che dipende principalmente dalla diagnosi meccanica. Se lo stato fisiologico della pianta è buono, in un anno si può superare la distruzione della maggior parte del fogliame; altrimenti, si può innescare il declino dell'albero. Il trattamento dipenderà fondamentalmente da una diagnosi fisiologica. Tale diagnosi si basa sui sintomi morfologici della crescita e dello sviluppo dell'anno precedente e sulle reazioni alla distruzione del fogliame.

Potatura e fisiologia

Secondo il processo ripetitivo della costruzione di un albero, una branca viene divisa in parti identiche. Ognuna di esse si compone di un asse principale con un lungo germoglio terminale e di assi dominanti, laterali e più brevi. La potatura riduce il numero di germogli e porta alla reiterazione della parte persa ma vi sono due modi di potare una branca: il taglio di ritorno e la potatura di diradamento. Il taglio di ritorno (potatura corta) consiste nel tagliare il germoglio dominante, fino a raggiungerne uno laterale breve: la branca viene disorganizzata e indebolita. La potatura di diradamento (potatura lunga) consiste nell'asportare la parte debole del ramo: essa conserva la *leadership* del germoglio principale e anticipa la selezione e il rinnovo naturale; inoltre, la crescita del germoglio principale viene rinforzata, la dominanza apicale si allontana e consente la reiterazione dei rami laterali brevi che cresceranno più rapidamente e sostituiranno l'asse principale molti anni dopo. Se un albero è fisiologicamente giovane e se la branca sta vivendo uno sviluppo ipotono (Figura 1, fasi 3 e 4), si deve potare la parte superiore del ramo e la potatura di diradamento ringiovanisce fisiologicamente l'albero e contribuisce alla crescita dell'albero nel modo voluto. Se l'albero è adulto e le branche si sviluppano secondo isotonia o epitonia (Figura 1, fasi 5, 6 e 7) si deve asportare la parte inferiore della branca e la potatura di diradamento evita solamente la formazione di legno morto, aumenta la resistenza fisiologica e meccanica della branca e ne riduce la sensibilità alle malattie, soprattutto accrescendo la sua capacità di immagazzinamento. Il vigore rimanente dell'albero si trasferisce dapprima alla sola gemma apicale del germoglio annuo. Ma il crescente declino dell'apparato radicale, in particolare la morte delle radici strutturali verticali più interne, conduce al trasferimento del vigore vegetativo dalla punta alla base del germoglio, poi al ramo secondario e poi alla branca (basitonia) (Figura 1, seconda metà della fase 8 e inizio della fase 9); le vecchie gemme quiescenti e le vecchie branche mostrano improvvisamente un nuovo vigore e producono germogli lunghi e vigorosi; queste sono chiamate reiterazioni prolettiche.

Attività cambiale e meristema apicale

La crescita secondaria che si verifica nel cambio permette l'ispessimento del germoglio; le successive strutture legnose nel fusto hanno quattro funzioni: nuovi vasi vascolari e tubi cribrosi migliorano la circolazione della linfa, l'ispessimento del fusto aumenta la resistenza meccanica: gli alberi devono sostenere anche il peso della propria struttura; carboidrati e acqua vengono immagazzinati nel tronco, nelle branche primarie e nelle radici; alcuni carboidrati come i composti fenolici aiutano l'albero a confinare le infezioni all'interno di aree limitate. Le riserve non sono distribuite equamente nel legno. Bory (1992), ha mostrato non solo che la quantità di riserve di carboidrati varia secondo la stagione, ma anche che le riserve vengono accumulate principalmente alla base del tronco e delle branche reiterate, in modo che lo schema di distribuzione dei carboidrati si adatti alla organizzazione architettonica dell'albero; ciò fornisce un'ulteriore giustificazione alla potatura di diradamento. Nell'albero giovane e adulto, la chioma può nutrire qualsiasi parte dell'apparato radicale. Quando l'albero invecchia i movimenti di acqua ed elementi nutritivi si fanno sempre più difficili. Quando il vigore dell'albero declina (Figura 1, fase 8), il numero ridotto di foglie non è in grado di sostenere la considerevole quantità di legno accumulato fin dalle origini. Vuoti appaiono nel cambio, inizialmente continuo; invece la vicinanza di vigorose reiterazioni accresce l'attività delle zone cambiali. Nella fase 9 (Figura 1) non solo le branche ma unità composte di una branca e un pezzo di tronco a forma di pilastro si fanno sempre più indipendenti dal resto dell'albero. Nella fase 10 della stessa figura il cambio induce un nuovo apparato radicale e qualsiasi unità diventa indipendente per l'approvvigionamento di acqua, minerali e carboidrati. Negli alberi anziani si può avere una separazione fisica senza alcun danno per le parti vive dell'albero.

CONCLUSIONE

Questa breve relazione su alcuni aspetti della biologia dell'albero potrebbe essere riassunta in poche parole. Nella prima parte della vita dell'albero (Figura 1, fasi da 1 a 4), sono essenziali gli aspetti ontogenetici del suo sviluppo, che dipendono dall'attività morfogenetica di ciascun meristema; la maturazione ontogenetica sembra muoversi in una dimensione lineare, principalmente tra il collare e il meristema considerato. Per far fronte all'aumento esponenziale di germogli in crescita un'organizzazione gerarchica a livelli differenti opera pre-selezioni e poi post-selezioni tra un grande numero di elementi identici (meristema, gemme, germogli, rami): l'invecchiamento fisiologico sembra dipendere dapprima, quando l'albero è giovane, dalla dimensione intesa come numero di germogli attivi. Durante questo periodo la potatura, che riduce il numero dei germogli in crescita, può modificare i processi di maturazione ed invecchiamento. In seguito (Figura 1 fase 7), la sfida sta nella durata. Dato che non è possibile sostituire le cellule, l'attività fisiologica consiste in un costante rinnovo delle strutture. La capacità nutritiva delle foglie e delle radici di un albero adulto è di circa tre volte superiore al necessario; l'eccesso viene immagazzinato: quando i bruchi della tignola verde distruggono l'intero fogliame di una quercia, nel giro di tre settimane si ha la crescita di nuove foglie a spese delle riserve di carboidrati dell'anno precedente, che forniscono ancora all'albero il nutrimento a base di carboidrati. La potatura è inefficace sull'invecchiamento ma migliora alcuni aspetti della funzionalità fisiologica, come la capacità di immagazzinamento dell'albero. Con il crescere della quantità di legno nel tronco e nelle radici strutturali, viene utilizzata una parte sempre maggiore di elementi nutritivi per sostenere questa parte dell'albero non produttiva e non rinnovabile. La rottura dell'equilibrio avviene nella fase 8 (Figura1), quando l'apparato radicale è soggetto ad un declino costante e simultaneo, probabilmente dovuto al degradarsi del rapporto tra foglie e radici. In questa fase la potatura è fisiologicamente inefficace ma è essenziale per la sicurezza meccanica. La cosa più importante è, forse, conservare un buon arreggiamento del terreno per ritardare il declino dell'apparato radicale.

Invecchiamento fisiologico e ontogenetico nello spazio e nel tempo

Per comprendere questo difficile concetto, consideriamo due piantine di melo selvatico: la prima cresce rapidamente in vivaio, la seconda è fortemente dominata in una foresta e cresce molto lentamente. Nei primi quattro anni entrambe erano ontogeneticamente giovani, e pertanto incapaci di fiorire. Il melo della foresta ha ora dieci anni, è alto un metro e non produce ancora alcun fiore. Dieci anni dopo sarà ancora giovane, ma fisiologicamente senescente e morirà. Il melo del vivaio ha ora cinque anni e sta cominciando a far sbocciare i suoi primi fiori sui germogli dell'anno precedente; solo queste branche sono ontogeneticamente adulte, la parte rimanente dell'albero è giovane. La primavera seguente il vivaista innesta due alberelli di melo: una marza è presa da un ramo adulto del melo che aveva appena prodotto fiori l'anno precedente, la seconda marza viene presa dalla zona giovanile, la terza marza viene presa dal melo della foresta. I tre alberi nuovi non fioriscono per tre anni; fioriscono simultaneamente il quarto anno. Perché? Subito dopo l'innesto, il primo albero è ontogeneticamente adulto ma fisiologicamente incapace di fiorire; le sue dimensioni generali, la sua architettura, il suo ritmo di crescita e l'equilibrio tra apparato radicale e fogliame inibiscono la formazione dei fiori. Gli altri due finiscono la maturazione ontogenetica corrispondente alla conclusione del periodo giovanile e raggiungono insieme lo sviluppo fisiologico essenziale alla fioritura. La capacità di crescita degli alberi da vivaio, molto superiore che nella foresta, consente il raggiungimento delle dimensioni minime compatibili con lo stato ontogenetico adulto. Più in generale, i meristemi più maturi di un albero adulto sono situati nelle parti cronologicamente più nuove, e generano germogli con il ritmo di crescita più elevato; questi germogli sono soggetti al processo di sviluppo fisiologicamente più giovane. Alcuni meristemi giovanili restano nelle parti cronologicamente e fisiologicamente più vecchie, più interne e più basse, principalmente sotto forma di gemme in quiescenza o branche deboli.

Organizzazione morfogenetica

Finora abbiamo preso in considerazione soprattutto la crescita primaria, cioè la crescita in lunghezza limitata agli apici di rami e radici; queste due attività non sono indipendenti tra di loro. Ma si deve tenere in considerazione l'attività cambiale e si dovrebbero esaminare i rapporti tra attività apicale e cambiale.

Bipolarità fusto-radice

La bipolarità fusto-radice è una marcata caratteristica delle piante; essa appare nella filogenesi delle piante in forma primitiva con la tallofita fotosintetica. Tale polarità si verifica nell'ontogenesi delle fanerogame (cioè le piante caratterizzate da organi di riproduzione visibili) non appena si ha la prima divisione dell'uovo, o rappresenta almeno la prima differenziazione dell'embrione. Tale bipolarità è non solo la base dell'organizzazione morfologica, ma anche di quella funzionale e fisiologica: le radici in crescita ancorano la pianta al suolo, le radici assorbenti prendono dal terreno acqua e elementi nutritivi; le foglie forniscono i carboidrati. Una simile bipolarità si riscontra a livello cellulare in qualsiasi parte della pianta. Questa organizzazione alimentare diffusa e bipolare nelle piante immobili, contrasta con il transito di

elementi nutritivi polarizzato e ben definito nella direzione opposta alla locomozione. La simmetria radiale della maggior parte delle piante è inoltre legata all'immobilità e allo sviluppo parallelo al raggio terrestre, mentre la locomozione degli animali, parallela alla superficie terrestre, ha portato allo sviluppo di una simmetria bilaterale. Gli alberi hanno la stessa organizzazione ma le grandi dimensioni, specialmente l'altezza a livello aereo e la profondità nel suolo pongono l'alberi di fronte ai problemi del trasporto di acqua verso le foglie e dell'apporto di ossigeno alle radici, rispettivamente. È probabile che la senescenza fisiologica negli alberi intervenga quando i rapporti tra parte aerea e apparato radicale soffrono di un degrado significativo e irreversibile. Ho sovente osservato che il declino del vigore della parte aerea (Figura 1, fase 8) segue la perdita della capacità di rinnovo dell'apparato radicale: possiamo supporre che le difficili condizioni di vita sotterranea non consentano un sufficiente apporto di elementi nutritivi dalle foglie e che il successivo degrado dell'apparato radicale provochi una insufficienza idrica nelle punte estreme della parte aerea. Inoltre accentuate variazioni climatiche per periodi prolungati possono peggiorare gli effetti della senescenza fisiologica e costringere l'immobile albero ad adattarsi. Tutto ciò si traduce in alterazioni di forme e dimensioni, nella morte di alcune branche e nello sviluppo di altre.

www.treetek.it