

CAPITOLO I

LA VITA DELLE PIANTE

Il mondo vivente verde

Le potenzialità dei meristemi non sono state ignorate nell'ambito dei nutraceutici. Nell'ambito dei botanicals, una attenzione speciale meritano i prodotti più originali e innovativi, fino ad originare una nuova linea di trattamento terapeutico, nota con vari nomi, quali gemmoterapia, fitoembrioterapia, meristemoterapia, blastoterapia, e altri ancora. Di fatto ci riferiamo ad una moderna terapia non convenzionale, che utilizza materiali vegetali ricchi di cellule meristematiche per ottenere prodotti derivati. Per capire effettivamente di cosa si tratta, è necessario considerare esattamente cosa è un meristema e perché sia così importante.

Le piante sono esempi eccezionali di capacità di adattamento alle condizioni ambientali. Ad esempio, gli animali sono largamente inferiori da questo punto di vista, sebbene noi siamo più abituati a ragionare sul collo delle giraffe o sulle ali del pipistrello. Eppure nelle cosiddette piante grasse, che tanto si assomigliano, abbiamo specie di famiglie molto diverse (Cactacee, Euforbiacee, Liliacee), tanto distanti tra loro come una balena e un tonno. Ma non si tratta solo di avere un aspetto simile, bisogna considerare quello che non si vede. Perché ancora una volta, niente è come sembra.

Nelle piante, come per altri aspetti della loro vita, è la chimica a dettare le differenze: il centro della loro capacità di adattamento si chiama metabolismo, soprattutto quello secondario. Le piante agiscono in silenzio, lentamente, ma con direzioni ben coerenti e nel rispetto della situazione ambientale. Di conseguenza, noi abbiamo molto da imparare dalle strategie adattative dei vegetali.

Ogni anno, in perfetta sintonia e pratico tempismo con il cambio stagionale, le piante, e in particolare quelle legnose, sono in grado di reagire alle variazioni di temperatura, umidità, venti, adattando morfologia e metabolismo. Il risveglio della vegetazione avviene dopo un lungo periodo di stasi, quello stesso nel quale gli alberi appaiono come morti e immobili, mediante una estrema capacità di rinascita (figura 1). Si può obiettare che anche molti animali vanno in letargo, ma la marmotta che si era addormentata si risveglia praticamente la stessa, mentre nelle piante la situazione è molto più drammatica.

La domanda centrale, nel momento in cui si osserva tutto questo, è che cosa succede all'interno della pianta per generare un tale radicale cam-

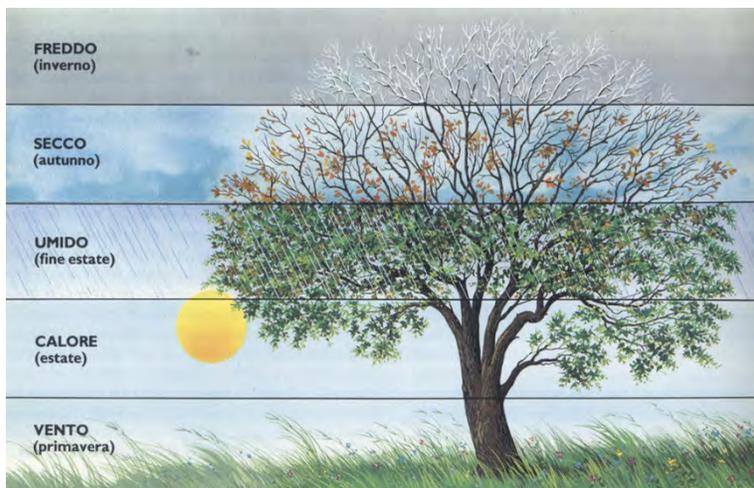


Fig. 1. Le piante si adattano e mutano radicalmente la loro organizzazione strutturale e molecolare a seconda dei cambiamenti delle stagioni e delle temperature.

biamento? Quale è la forza che si agita internamente per generare i nuovi rami e le nuove foglie? È possibile comprendere di che si tratta, catturare questa forza e poterne disporre, renderla disponibile e perfino utilizzarla, soprattutto per fini medicinali?

La chiave di questo straordinario exploit, che è peculiare delle piante, è tutta racchiusa in cellule particolari, che possiedono una specialità che prende il nome di totipotenza, e la mantengono in tutta la loro esistenza. Se una cellula singola, come lo zigote, ha la capacità di generare da sola un intero organismo, questo rientra nella logica della riproduzione, come ben evidenziato dal dogma "*omnis cellula e cellula*", che significa essenzialmente che la vita non può essere generata, ma solo trasferita; nel caso delle piante assistiamo al miracolo della riproduzione cellulare continua, una riproduzione addirittura da regolare in relazione alle necessità e ai tempi dettati dalla situazione ambientale, pur mantenendo intatto il progetto generale di sviluppo programmato scritto nel genoma della specie. Per visualizzare la faccenda, diciamo che le piante possiedono tanti minuscoli semi, le cellule meristematiche, che in varie parti della pianta e per tutta la sua vita, continuano a generare la vita. Per cui stiamo parlando di cellule molto, molto speciali, capaci di confrontarsi con l'apoptosi, ovvero la morte programmata, sfidando apertamente quel destino che tormenta ogni essere vivente fin dal momento della sua nascita.

Probabilmente, la gemmoterapia ha la sua origine da questa anomalia, da questa aperta violazione, dall'emozione che si prova di fronte allo

spettacolo del revival primaverile o dal miracolo di una nuova vita che prende origine da un atto semplicissimo di spingere nel terreno un piccolo pezzo di legno, aspettando il miracolo della crescita di un monumentale ginkgo.

Poi, la sorpresa lascia il campo all'aspirazione, e prende il sopravvento la profezia di Prometeo, l'uomo scivola naturalmente nel suo eterno destino, che lo chiama a prendere il suo legittimo posto di assoluto e indiscusso "dominus" dei regali di Madre Natura. Non possiamo rimanere indifferenti di fronte al miracolo del rinnovo della natura, senza cadere nell'intento naturale di volere appropriarcene, con l'aiuto della conoscenza scientifica e il supporto della tecnologia. Per conseguenza, le origini della gemmoterapia sono antiche e radicate, ma solo recentemente è stato possibile avanzare sulla strada della validazione scientifica, dopo un secolo di tentativi e approcci. La sfida della moderna meristemoterapia è la rivelazione dei segreti più intimi delle piante, di modo da renderli disponibili per il beneficio e il benessere dell'umanità.

Stranamente, come spesso avviene nella scienza, l'input per scardinare il segreto viene dall'altra parte, da dove meno te lo aspetti, ovvero dalla ultima arrivata, la Biologia Molecolare. La Biologia Molecolare ci ha chiarito che le differenze tra i genomi degli organismi sono minori di quanto ci eravamo immaginati, e il resto è tutta una faccenda di adattamento evolutivo, o meglio di attivazione di questo o quel gene. Negli animali, la totipotenza che abbiamo ereditato dai batteri è stata repressa a favore della specializzazione cellulare e quindi della funzionalità, riducendo la presenza delle cellule totipotenti, dette staminali, in grado di riprodursi a poche e limitate, mentre nelle piante le cose sono andate diversamente, con molte cellule capaci di riprodursi, dette meristematiche, sparse nel corpo del vegetale, ma tutto questo niente toglie al fatto che esiste un diretto parallelismo tra cellule staminali e cellule meristematiche.

Una conferma importante, sebbene meno nota ai più, è venuta dal Prof. ANTONIO LIMA-DE-FARIA, padre della citogenetica molecolare, socio delle più prestigiose accademie scientifiche del mondo, consulente di governi, università e istituzioni internazionali, passato alla cronaca dei media per aver prodotto la prima fusione fra una cellula umana e una vegetale già nel 1977. Gli addetti ai lavori riconoscono in lui l'Autore di esperimenti e testi di citogenetica che hanno segnato il punto nella ricerca internazionale, e da almeno trent'anni è ritenuto il temibile "eretico" della biologia convenzionale.

Sicuramente l'animale più fotografato del 1966 è stato una pecora, da tutti conosciuta come Dolly e le ragioni della sua popolarità sono a tutti note.

Dolly è stato il primo caso di riuscita clonazione di un animale, il primo scioccante episodio della possibilità di creare un animale domestico in laboratorio a partire da una cellula somatica. Dolly fu una sorpresa anche per i suoi creatori e aprì gli orizzonti di una serie impressionante di nuovi scenari, inclusa la completa riprogrammazione di una cellula somatica (in gran parte poi realizzata nel 2010 da CRAIG VERNER) e quindi ipoteticamente di una persona adulta. Tuttavia in biologia le cose sono sempre più complicate di quanto ci si aspetti. E così la morte di Dolly cambiò lo scenario: ci si aspettava che visse 11 anni, ma Dolly è vissuta solo 6 anni e mezzo, e con difficoltà, avendo sviluppato diverse patologie compresi cancro e artriti.

Dopo l'iniziale doveroso entusiasmo, con l'imatura morte di Dolly, l'attenzione per la produzione di animali per clonazione è andata scemando, per prendere una direzione differente e con maggiore potenzialità di successo. L'attenzione si è via via spostata sulla potenzialità di impiego delle cellule staminali, da cui ormai ci si aspetta molto, soprattutto in campo medico. È chiaro tuttavia che c'è molto lavoro da fare prima di definire correttamente applicazioni, possibilità e limiti delle cellule staminali, senza dimenticare il punto di vista etico. In molti paesi, compreso il nostro, è in corso un ampio e acceso dibattito sull'impiego delle cellule staminali, alimentato anche dalla possibilità di utilizzare le cellule staminali in approcci medicinali non autorizzati (il cosiddetto Metodo Stamina), con la consueta penosa sequenza di speranze alimentate dalla disperazione e cocenti delusioni. Il risultato è una grande confusione nell'opinione pubblica, che rischia di generare problemi anche agli studi seriamente eseguiti. Di fatto, alle cellule staminali viene attualmente riconosciuta una grande potenzialità e molte ricerche sono attualmente in corso, alimentando serie speranze di pratica utilizzazione medica nell'immediato futuro. Attualmente l'attenzione dei ricercatori è divisa su due argomenti principali: sperimentare i principi applicativi delle cellule derivate da embrioni (ES, *embryonicstem*) e quelle in cui sia stata indotta la totipotenza (IPS, *induced pluripotentstem*), dove se non altro perlomeno le implicazioni etiche sono al momento meno stringenti. Aspettando che le risposte superino i dubbi e le domande, alcune utilizzazioni più accessibili sono iniziate e affermate nel campo degli organismi vegetali. In questo caso, ci si è focalizzati sui tessuti meristemati, che secondo le recenti ricerche sui fattori di trasporto possono essere considerati l'analogo delle staminali nelle piante. Tuttavia ci sono diverse, importanti differenze, soprattutto quando si passa dal livello cellulare a quello dell'organismo.

Mentre negli animali la crescita si interrompe in gran parte a maturità e

la totipotenza viene trasferita completamente ai gameti, la crescita in una pianta si mantiene per tutta la vita vegetativa dell'individuo, i meristemi non sono confinati ma distribuiti in molte parti della pianta dando luogo ad un vero e proprio sistema di meristemi (figura 2). Il sistema dei meristemi è responsabile della struttura della pianta, ovvero della trasformazione in realtà dell'intero progetto genomico nella struttura del vegetale, ma anche della capacità di adattarla alle situazioni ambientali con la necessaria duttilità.

Nelle piante, i meristemi sono formati da cellule totipotenti indifferenziate (ovvero in grado di riprodurre l'intero organismo di cui fanno parte) presenti soprattutto nelle zone apicali e nelle gemme (figura 3), sebbene anche le cellule somatiche parenchimatiche siano in grado di svolgere la stessa funzione, qualora sia necessario. La loro attività è concentrata nella produzione di nuove cellule che poi andranno incontro a differenziazione diversa a seconda della loro posizione e appartenenza nell'organo di cui fanno parte. Il meccanismo è semplice quanto efficace: la cellula meristemica si divide per mitosi in due cellule, delle quali una mantiene la sua capacità riproduttiva meristemica mentre l'altra si differenzia. In questo modo, il meristema si mantiene, confinato in un tessuto ristrettissimo quanto importante perché potenzialmente capace di costruire l'intera pianta. Grazie ai meristemi la pianta si accresce, si trasforma, si rinnova continuamente.

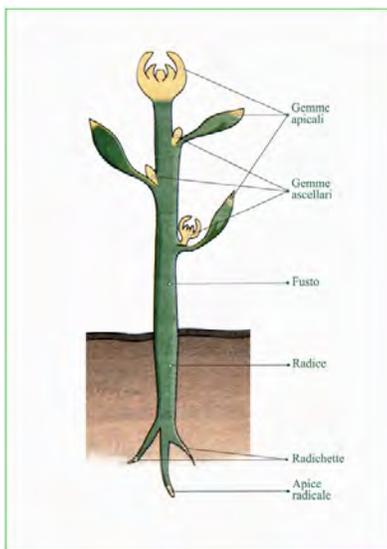


Fig. 2. Localizzazione di meristemi in gemme apicali, gemme ascellari, e nell'apice radicale.

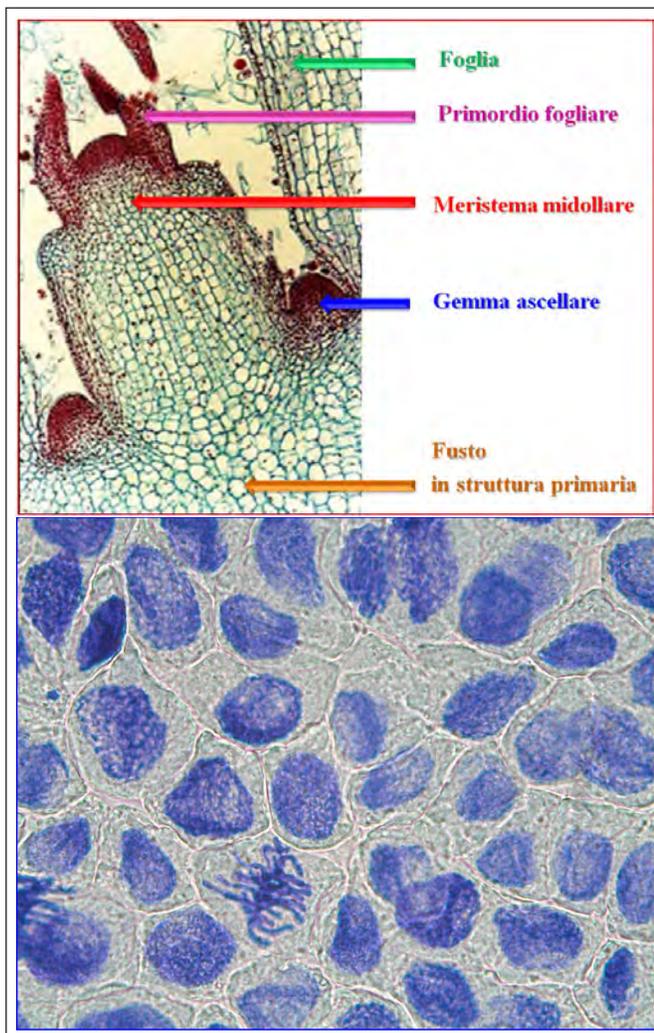


Fig. 3. Apice vegetativo con strutture adiacenti e immagine al microscopio di un tessuto meristematico (al centro in basso una cellula in divisione mitotica).

I meristemi possono essere divisi in primari e secondari: i primi derivano direttamente dall'embrione e sono responsabili dell'architettura generale della pianta, mentre dai secondi derivano la produzione della struttura secondaria, quando presente come per la maggior parte del legno, e delle parti addizionali funzionali. I meristemi secondari sono anche definiti in diversi testi come laterali, considerando per quelli primari la tendenza principale a sviluppare gli apici caulinari e radicali, e cioè sviluppare la pianta verticalmente, mentre i secondari sviluppano rafforzandola e ampliandola la struttura precedentemente costruita. A questi vanno inol-

tre aggiunti i tessuti giovanili che si sviluppano su particolari parti della pianta in base ad esigenze specifiche, come quelle riproduttive per fiori e semi, oppure di sviluppo, come la produzione di propagali oppure l'attivazione di cellule parenchimatiche in caso di perdita o danneggiamento degli apici, come già riportato. Parte centrale di questo sviluppo adattativo sono le gemme e per questa ragione, al momento giusto, si sviluppano abbondanti in tutta la pianta.

Conviene cominciare da alcuni caratteri fondanti e distintivi della gemmoterapia. La tipologia delle cellule utilizzate. Sebbene il termine "*cellule staminali vegetali*" sia oggi di uso comune, a testimonianza di un parallelo diretto tra le cellule staminali negli animali e quelle meristemati- che nelle piante, bisogna anche tenere conto delle necessarie differenze, se si vuole utilizzare correttamente le loro potenzialità.

Ricapitolando: nelle piante sono presenti e in frenetica attività diverse aree indipendenti ad alta attività mitotica, propriamente chiamate *meristemi* o *tessuti meristemati- ci*; i meristemi possono derivare dall'embrione (per la crescita primaria o verticale) o no (per la crescita secondaria o orizzontale); i tessuti meristemati- ci possono essere interni o apicali oppure esterni o laterali. Il lavoro dei meristemi è deputato alla produzione di nuove cellule, che poi saranno destinate alla differenziazione in ragione della loro posizione nei tessuti e negli organi. Il meccanismo del mantenimento del meristema funziona semplicemente: ogni volta che una cellula meristemati- ca si divide per mitosi, genera due cellule, di cui una rimane meristemati- ca (giovanile) e l'altra si avvia alla differenziazione (ovvero a diventare adulta). In questo modo, teoricamente il meristema può funzionare all'infinito e produrre continuamente nuove cellule.

Di conseguenza bisogna tener presente che il vero tessuto meristemati- co è di dimensioni veramente ristrette, generalmente monostratificato (figura 3). Risulta quindi, anche per esperti nella istologia vegetale, estremamente complicato dividere il meristema dalle cellule adiacenti e vicine. Per esempio, in una gemma troviamo un mix di cellule a differenti stati di differenziazione, incluso il sottile strato che produce altre cellule, rimanendo nel contempo fedele a se stesso. In ogni caso, la natura e il carattere delle parti che contengono meristemi sono molto differenti dalle altre presenti nella pianta. Di conseguenza, usando una di queste parti selezionate della pianta, otteniamo meristemi quanto altri tipi di cellule.

In gemmoterapia, si usano strettamente i tessuti vegetali o le parti fresche giovani: gemme, giovani getti, germogli, giovani apici o giovani radici, comprese le cortecce di giovani rami, e ogni altro tessuto considerato in

qualche modo contenente meristemi o cellule in sviluppo, includendo in diversi casi semi e frutti, a causa della presenza degli embrioni. Naturalmente, questo è il risultato della presenza dei meristemi in parti diverse della pianta. Su questo argomento torneremo più dettagliatamente nei successivi capitoli.

La principale differenza tra le cellule giovanili negli animali e nell'uomo con le cellule meristematiche delle piante consiste nel fatto che i meristemi sono attivi durante tutte le fasi della vita della pianta e sono presenti in molte parti di essa. Grazie all'attività di questi tessuti, la possibilità di crescita della pianta viene mantenuta costante. Anche alberi secolari, giganti di centinaia di anni di età, ogni anno diventano più grandi e alti, e sono capaci di produrre nuovi rami e foglie, come nel caso delle sequoie del Nord America. Alcune applicazioni pratiche dei tessuti meristematici sono già in atto, come la micropropagazione o la produzione di metaboliti in colture cellulari. Per utilizzare nel modo migliore i meristemi, è necessario capire la correlazione tra i meristemi e la struttura di un vegetale, in particolare quello che i botanici chiamano pianta vascolare.

La struttura delle piante vascolari è basata su tre tipi fondamentali di tessuto:

- *tessuto dermico*, comprendente epidermide, scorza o corteccia, endodermide;
- *tessuto di base* o fondamentale, comprendente parenchima, sclerenchima e collenchima, con vari sottotipi a seconda della posizione e della funzione;
- *tessuto conduttore*, comprendente floema e xilema, e diverse strutture e cellule correlate.

Tutti questi sono tessuti definitivi e specificatamente funzionali, che derivano da altrettanto apposite regioni meristematiche, ovvero formate da cellule indifferenziate in attività mitotica. Due sistemi sono responsabili dell'architettura della pianta: il sistema radicale, consistente in un insieme di radici ramificate, che ancora la pianta al terreno e ne permette la penetrazione nel terreno, consentendo l'assorbimento di acqua e sali minerali. Questo sistema può essere definito, per la sua collocazione, ipogeo.

L'altro sistema, per contrasto detto epigeo, consiste nel fusto, con le sue ramificazioni e le foglie, con le corrispondenti metamorfosi. I due sistemi possiedono meristemi apicali, dai quali si genera il corpo primario della pianta, mentre il corpo secondario deriva dal cambio, uno strato di cellule meristematiche. Volendo visualizzare la situazione, i meristemi apicali

assomigliano a dei grumi posizionati nelle parti verticalmente e in opposizione nell'architettura della pianta, mentre il cambio ha dimensione orizzontale e si trova interno alla pianta.

L'architettura generale della parte epigea (ma altrettanto di quella ipogea) della pianta (in particolare consideriamo un albero) può essere compresa opportunamente in base al modello frattalico, ovvero iterativo. In altre parole, si ha una struttura principale, chiamiamola madre o modello, che viene riprodotta nelle nuove parti di sviluppo. L'unità iterativa si chiama germoglio vegetativo, consistente nell'internodo, nella gemma ascellare e negli abbozzi fogliari più o meno sviluppati.

Le cellule dei meristemi sono cellule speciali, caratterizzate da un denso citoplasma e un grande nucleo centrale, e quindi ben differenti da quelle dei tessuti definitivi. Questa differenza è importante, perché evidenzia una netta differenza: in altre parole, le cellule meristematiche sono tutte eguali, mentre quelle mature sono di tipo differente, le cellule meristematiche sono potenzialmente tutte le cellule mentre quelle mature sono una cellula, le cellule meristematiche sono compatibili e possono interagire con qualsiasi altra cellula, mentre quelle mature sono definitivamente correlate al loro ruolo e confinate nella loro funzionalità.

I meristemi primari si trovano negli apici, ma le potenzialità generatrici di una pianta non sono confinate in queste parti della pianta, in quanto anche le cellule definitive parenchimatice sono in grado di svolgere analogo ruolo nel caso in cui questo sia necessario. In altre parole, a parte le cellule morte, come quelle dello sclerenchima o della corteccia, o ritidoma, le cellule vive, come quelle del parenchima (che di solito sono in maggioranza) possono attivarsi e diventare meristemi. Questo processo è evidente a chi frequenta gli alberi e ben conosciuto a tutti i provetti potatori.

La vita delle piante legnose è divisibile in due periodi principali: il primo periodo è destinato alla crescita, a partire dal seme, della primissima architettura, e il secondo destinato a periodi di riposo, latenza e sospensione delle attività, alternate a periodi di rinnovamento. Per questa semplice ragione, i meristemi sono divisi in due tipi: a) il primario, derivato direttamente dall'embrione, è responsabile del corpo delle piante erbacee e della struttura primaria delle piante legnose: il meristema secondario, quando presente, produce la struttura secondaria della pianta, compresa gran parte del legno e del libro e tutte le strutture addizionali. Grazie ai meristemi del secondo tipo, negli alberi e arbusti delle zone temperate, quelle che chiamiamo le piante perenni, ritornano a vivere, generando nuovi tessuti e organi, in accordo con le condizioni ambientali e con il

piano genetico generale. Restano però dei retaggi della struttura primaria negli apici: caulinare e radicale. Sono meristemi delicati perché esposti all'aria o alla resistenza della terra. In particolare, quello della radice è protetto da una apposita struttura di protezione, detta cuffia o caliptra, soggetta a consumarsi mano a mano che la radice avanza. Grazie a questi due meristemi terminali la pianta cresce in verticale, ma deve anche avvenire uno sviluppo in orizzontale, diciamo meglio laterale. In questo modo, la pianta moltiplica la sua struttura principale in altre minori ad alta efficienza fotosintetica, grazie ad un aumento esponenziale della superficie esposta.

Per capire lo sviluppo di una gemma, dobbiamo considerare ancora una volta che la situazione è molto più complicata di quello che ci trasmettono i nostri sensi. Apparentemente in un lasso di tempo ristretto, le gemme primaverili rigenerano l'albero latente. Questo evento in realtà è il risultato di un processo iniziato molte settimane prima. All'interno degli apici vegetativi, come negli altri meristemi, la produzione dei primordi dei rami e delle foglie è andata avanti per un lungo tempo, prima a livello cellulare e poi a livello tissutale. Gli stessi primordi sono invisibili, ben profondi e protetti dalle perule, che sono foglie modificate esattamente per svolgere questo ruolo. La missione dei meristemi è produrre nuove cellule, ma questo avviene con modalità e velocità diverse; per lungo tempo questa attività è stata rallentata, a favore di una preparazione in attesa del momento favorevole, in cui poi esplose nel momento della costruzione della nuova forma della pianta, quando le precipitazioni forniranno grandi quantità di acqua, le giornate di luce si allungano, la temperatura si stabilizza su valori migliori e scompaiono le terribili gelate.

È il momento preciso della metamorfosi, quando qualcosa dentro la gemma scatta e tutto accelera prendendo con decisione la strada della realizzazione. Appaiono i giovani germogli che sono già pieni di giovani foglie, piccolo ma già funzionanti, e di inizi di rametti, di modo che la unità iterattiva sia già ben visibile e in evidente crescita. Infatti, il modello del germoglio è evidentemente quello della pianta in nuce. All'interno del germoglio, le cellule sono diventate in numero sufficiente e devono solo seguire il loro destino in accordo con la posizione reciproca. Ben presto la metamorfosi sarà completa con la formazione finale degli organi. La differenza tra una gemma apicale e una laterale (ascellare), generalmente consiste nel numero dei primordi, essendo il modello essenzialmente lo stesso, in quanto corrispondente al modello matematico dei frattali.

CAPITOLO II

I MERISTEMI

Tessuti Embrionali Vegetali

... L'albero è la più grande officina fotosintetica e il suo germoglio è la miglior sintesi del suo adattamento embrionale alla più grande produzione.

Pol Henry

Nei capitoli precedenti si è già fatto cenno ai meristemi, e non potendo entrare dettagliatamente nel merito dell'istologia vegetale per ovvi motivi di trattazione, esamineremo ancora brevemente quelli che sono gli elementi e i tessuti vegetali utilizzati in questa branca della medicina naturale (Meristemoterapia, Gemmoterapia o Fitoembrioterapia).

Sappiamo che se la cellula primitiva si divide sempre solo secondo una sola direzione, si producono delle file di cellule, i cosiddetti filamenti cellulari, in cui le cellule si congiungono solo con le due estremità opposte; quando invece la cellula primitiva si divide in due direzioni, si producono degli strati cellulari.

Infine, si formano dei corpi cellulari, o ammassi di cellule, quando nella cellula primitiva o in quelle da essa derivate, avvengono divisioni in tutte e tre le direzioni. Oltre che per un continuo sdoppiamento, un tessuto può essere prodotto anche dall'unione di cellule o filamenti cellulari dapprima isolati, come avviene specialmente in molti gruppi di funghi. Questi filamenti (ife) si intrecciano così strettamente e in modo così intricato, che in una sezione trasversale possono avere l'apparenza di costituire un vero tessuto.

Nelle piante meno evolute, il corpo "vegetale" è costituito da un solo tessuto formato da un insieme di cellule molto simili fra loro per forma, struttura e funzione. In esse quindi manca, o è molto ridotta, la suddivisione di lavoro e competenze. Negli organismi più evoluti invece le varie cellule si sono organizzate in tessuti differenti raggiungendo delle nette differenziazioni morfologiche. Questi tessuti rappresentati nei vegetali superiori si possono dividere in due gruppi principali: i tessuti embrionali o *meristemi* e i *tessuti adulti* e definitivi. Mentre la fitoterapia tradizionale utilizza, a scopo terapeutico, tessuti adulti e definitivi di piante medicinali, la meristemoterapia (gemmaoterapia) si avvale per lo stesso scopo di tessuti meristemati.

II MERISTEMA E IL SISTEMA MERISTEMATICO

Il termine “meristema” si deve al botanico svizzero KARL WILHELM VON NÄGELI (1817-1891) che lo utilizzò per la prima volta nel suo libro *Beiträge zur Wissenschaftlichen Botanik (Contributi alla Botanica Scientifica)* del 1858. Il termine deriva dal greco *μερίζω (merizein)* e significa *dividere*, o anche da *meristos* = diviso, in riferimento alla sua specifica funzione.

Fra le diverse e numerose forme di tessuti vegetali si trovano alcune cellule isolate o a gruppi che, per mezzo della divisione cellulare, sono capaci di aumentare la massa del corpo della pianta e il numero dei loro elementi. Essi stanno pertanto in contrasto con tutte le altre forme di tessuti, ossia coi tessuti permanenti, e portano il nome di tessuti di produzione o meristemi che si trovano in tutte le parti delle piante in via d'accrescimento, soprattutto negli apici dei cauli e delle radici.

Il **Meristema** è un tessuto cellulare vegetale giovane di tipo **embrionale** e **indifferenziato** le cui cellule mantengono (o riprendono dopo una fase di differenziamento) la capacità di dividersi per mitosi per originare nuove cellule meristematiche. Per il loro caratteristico funzionamento sono paragonabili alle cellule staminali degli animali. Il Meristema forma le parti embrionali della pianta e cresce per divisione potendo occupare posizioni diverse nel contesto del corpo vegetale. Dal meristema originano tutti gli altri tessuti e con la sua azione il meristema provvede ad aumentare continuamente gli elementi cellulari, con la precisa funzione di aumentare le dimensioni della pianta nel suo crescere e nel suo divenire.

In base alla loro ontogenesi (origine) si distinguono:

- **tessuti meristematici primari** che derivano dalle cellule dell'embrione;
- **tessuti meristematici secondari** che derivano da cellule adulte già differenziate ma che, in un secondo tempo, riacquistano la capacità di dividersi, quella che avevano perduto con la specializzazione.

Se si prescindono dalle piante inferiori, le cosiddette Crittogame, le cellule del meristema si riconoscono per la loro ridotta dimensione (10-15 micrometri), la loro forma regolare e uniforme più o meno appiattita (isodiametrica), e le pareti sottili. Sono inoltre caratterizzate da un grande nucleo, da abbondante protoplasma, scarsi e piccoli vacuoli e inoltre mancano completamente gli spazi intercellulari.

Hanno l'attitudine a dividersi attivamente dando origine a tessuti definitivi, le cui cellule perdono la capacità di riprodursi.

A seconda della loro localizzazione i tessuti meristemati si distinguono in:

Meristema periferico (o marginale);

Meristema apicale (o terminale);

Meristema intercanalare, ovvero interposto tra i tessuti del vegetale adulto.

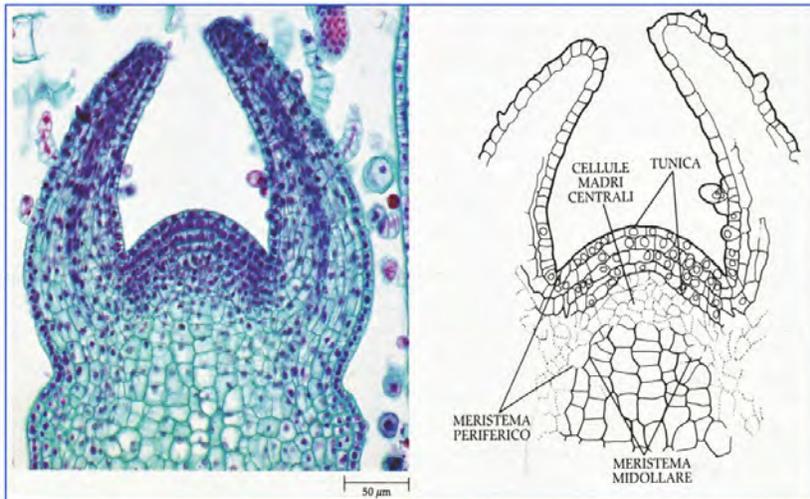


Fig. 4. Apice vegetativo con rappresentazione schematica di cellule meristematiche midollari e periferiche monostratificate.

La regione dove risiede il meristema apicale, all'estremità, all'apice di accrescimento dei germogli e delle radici, dicesi *apice vegetativo* (figure 4, 5). Nelle *radici* tale apice è rivestito dalla pileoriza, o cuffia o caliptra, che lo preserva dalle lesioni. Quasi sempre le cellule prodottesi negli apici vegetativi, dopo aver subito talora alcune suddivisioni, diventano delle cellule permanenti. Però nelle Gimnosperme, quali le Conifere e nelle Dicotiledoni, cioè quelle piante a cui appartengono per esempio gli alberi a fronda, nel sistema della circolazione esistente nel fusto, ossia nei cosiddetti *fasci fibrovascolari*, certe riunioni di cellule che costituiscono la *zona cambiale* tra il legno e il libro rimangono sempre atte a dividersi, per cui resta possibile l'accrescimento in spessore delle suddette piante. In tutte le altre piante, come le Felci e le Monocotiledoni, a cui appartengono le Graminacee, le Gigliacee, le Orchidee, ecc., il cambio non esiste e perciò manca del tutto un accrescimento secondario in spessore.

MERISTEMA PRIMARIO

Il **Meristema primario** o **iniziale** (**Meristema primordiale**) è un tessuto meristemato derivato direttamente dallo zigote ed è localizzato nell'embrione

in corrispondenza delle zone terminali (*apici vegetativi*) delle radichette, dei fusticini e nelle gemme ascellari delle piante. Ha cellule indifferenziate a pareti sottili, accollate e senza spazi intercellulari ed è capace di segmentarsi per frequenti mitosi. *Le cellule meristematiche degli apici vegetativi* si dividono spostandosi continuamente in avanti allo stesso apice e nel contempo danno luogo alla formazione di altre cellule che, mano a mano che restano lontane dall'apice, si differenziano in tessuti adulti di vario tipo. Da esse si differenziano quindi tutti gli altri tessuti della pianta, mediante la trasformazione delle primitive cellule omogenee. Il meristema primario è responsabile dell'accrescimento in lunghezza della pianta. Quando radice e fusto si allungano e si ramificano, anche i tessuti meristematici che sono situati all'estremità seguono la ramificazione. Infatti, il meristema primario si trova in tutti gli apici delle varie radici e dei rami (*meristemi apicali*) e si forma per segmentazione della cellula-uovo e pertanto l'embrione è formato da tessuti primari. Successivamente il meristema iniziale va a costituire gli apici vegetativi dei vari organi della pianta. A sua volta l'apice vegetativo può essere caratterizzato dal fatto di avere al vertice una sola cellula morfologicamente diversa dalle altre (*cellula apicale*) e dalla quale esse derivano, oppure presenta più di tali elementi e allora questi vengono chiamati *cellule iniziali*.

Al di sotto di questi apici cominciano a formarsi i vari tessuti, i quali allontanandosi dalle cellule iniziali, si differenzieranno sempre di più. Tali tessuti primari conservano per diverso tempo la capacità di dividersi e quindi di arricchirsi di nuovi elementi cellulari. Altri tessuti meristematici sono localizzati nella regione ascellare delle foglie (*meristemi laterali*). Tuttavia, non tutte le cellule che originano dai meristemi primari si differenziano in cellule adulte. Un esiguo numero di esse può rimanere escluso da ogni tipo di differenziazione per un tempo anche abbastanza lungo e non manifestare alcuna attitudine a dividersi.

Abbiamo visto come una cellula iniziale indifferenziata si suddivide per dare origine ad altre cellule iniziali, potenzialmente all'infinito. Questi tessuti iniziano a differenziarsi dal meristema primario in prossimità dell'apice andando a formare una struttura, detta gemma, composta da *bozze fogliari* e *internodi*. Dalle cellule embrionali (meristemi), situate all'apice della radice o nelle gemme situate all'apice o nei nodi dei fusti, originano tutte le altre cellule che formeranno le parti adulte degli organi vegetali. Per ogni situazione ambientale e per ogni fase della vita della pianta si va determinando un diverso sviluppo delle cellule di un particolare organo. Dapprima le giovani cellule, nate dal tessuto apicale in via di divisione cariocinetica, saranno uguali; in ogni apice vegetativo del fusto, della gemma, del ramo o della radice accade inizialmente lo stesso processo di divisione cellulare. Quando una gemma inizia a crescere per trasformarsi in un germoglio, le sue cellule cominciano

a dividersi e ad accrescersi per distensione: le bozze fogliari formeranno le foglie, mentre gli internodi si allungheranno, formando tratti di fusto privi di foglie compresi tra due “nodi” successivi. In seguito, quando la pianta ha raggiunto lo stadio adulto, il compito delle cellule cambia, cioè acquisiscono la capacità di differenziarsi: per esempio, è merito delle cellule meristematiche apicali se l'accrescimento dei fusti e delle radici può, in certi alberi, raggiungere dimensioni considerevoli.

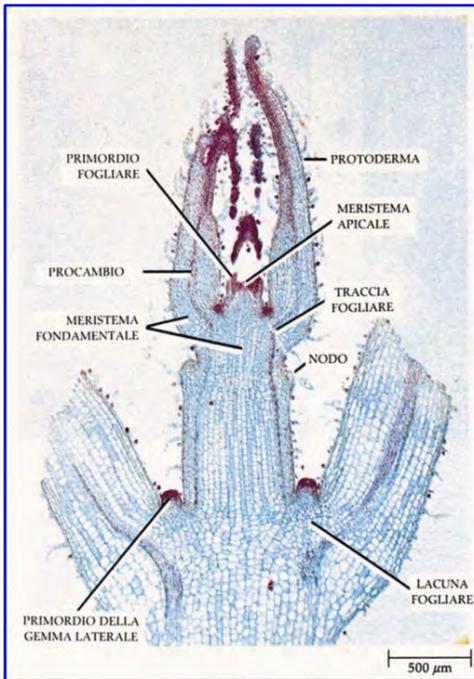


Fig. 5. Apice vegetativo di germoglio.

All'interno delle foglie e degli internodi vengono a formarsi dei *fasci conduttori* (fasci vascolari), i quali, partendo dagli stessi nuclei delle cellule iniziali, formano da una parte il *floema* e dall'altro lo *xilema*. I fasci conduttori hanno una doppia funzione: alcuni conducono acqua e microelementi dalle radici alla foglia (xilema) e altri trasportano la linfa elaborata dalla foglia durante la fotosintesi agli altri tessuti (floema). La distribuzione di tali fasci all'interno del fusto riflette la loro disposizione di ogni singola foglia, essendosi formati contemporaneamente a questa durante il differenziamento cellulare.

I fasci conduttori sono disposti nella zona periferica del fusto, subito sotto il tegumento, mentre tra un fascio e l'altro e nella zona centrale del fusto il tessuto è di tipo parenchimatico, ovvero formato da cellule di riserva e accumulo di acqua e sostanze energetiche elaborate dalle foglie.

All'ascella delle bozze fogliari si formano poi delle protuberanze dette "primordi di ramo", questi differenziandosi daranno successivamente origine a nuove gemme nella generazione successiva e, di fatto, sono veri e propri apici vegetativi esattamente come quello di partenza. Questo insieme di componenti derivati dall'apice vegetale prende il nome di *Struttura Primaria*, essendo derivata direttamente dal meristema primario, ossia da cellule embrionali. Anche l'apice di ciascuna radice è costituito da una struttura primaria simile a questa, anche se, essendo diversa la funzione, risulta diversa anche la disposizione dei vari tessuti.

MERISTEMA SECONDARIO

Quando alcune cellule iniziali si "differenziano", da quel momento in poi smettono di moltiplicarsi e iniziano ad accrescersi e a modificare la loro forma a seconda del tessuto che andranno a formare: *tessuti tegumentari* (con funzione di protezione), *tessuti parenchimatici* (fotosintesi e accumulo di acqua o nutrienti), *tessuti di trasporto* (xilema e floema), *tessuti di sostegno* (con funzione meccanica di resistenza).

Quando il fusto primario della pianta raggiunge la maturazione, i suoi tessuti, tranne l'apice e le gemme laterali, sono ormai costituiti da cellule adulte e differenziate che non sono più in grado di rigenerarsi per far fronte ad un'ulteriore crescita degli apici. A questo punto succede un altro evento straordinario: alcune cellule adulte del fusto *regrediscono allo stato embrionale* per formare una nuova struttura che è il **meristema secondario**, così chiamato perché non deriva direttamente da quello primario, ma appunto da cellule adulte. È questo un modo sorprendentemente originale che la pianta ha per mantenere in vita gli apici e farne crescere di nuovi, ovvero è quello di costruire il meristema secondario che si sviluppa sotto l'epidermide dei fusti e delle radici dove assume anche una funzione protettiva distinguendosi allora col nome di fellogeno, ossia generatore di sughero.

Il **meristema secondario** è dunque quello che si forma in un secondo tempo dalla ripresa di attività di divisione degli elementi cellulari dei tessuti primari. Queste cellule che vanno a costituire i meristemi secondari (*cambio* e *fellogeno*) sono responsabili dell'accrescimento diametrico del tronco e delle radici.

Il *cambio cribro-vascolare* (in seguito denominato semplicemente cambio) è la guaina cilindrica di cellule meristematiche, la divisione delle quali produce xilema e floema secondari (figura 6).

Questa formazione di meristemi può verificarsi anche nelle cellule adulte rappresentate dai cambi del meristema di ferita, ecc. Ne derivano quindi tes-

suti che prendono appunto il nome di *cambi* o *zone generatrici*, a cui si deve la funzione di accrescimento in grossezza delle piante. I meristemi secondari si trovano nelle piante superiori all'interno del fusto, rifasciano tutta la pianta legnosa situandosi tra questa e la corteccia, per tutta la lunghezza della pianta stessa.

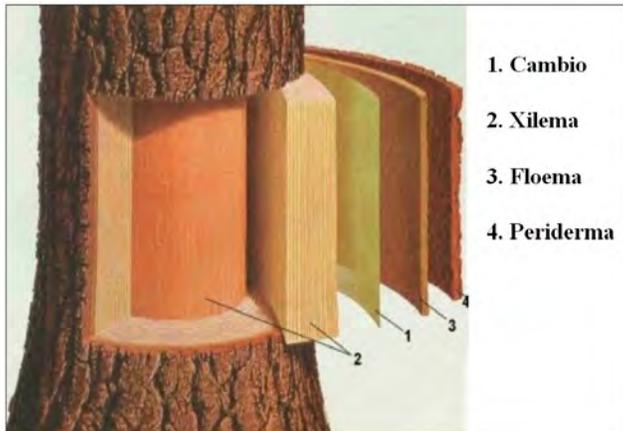


Fig. 6. Disposizione schematica degli strati del caule.

L'*anello di crescita* è dunque formato dallo strato di accrescimento dello xilema o floema secondario visto in sezione trasversale.

Il *floema*, detto anche *libro*, è la parte di tessuto generato dal cambio verso l'esterno, con funzione di trasportare le sostanze nutritive e la linfa dalle foglie a tutta la pianta. In altre parole, è il tessuto conduttore delle sostanze elaborate, nelle piante vascolari, costituito da cellule cribrose o tubi cribrosi, da diversi tipi di cellule parenchimatiche, da fibre e sclereidi.

Lo *xilema* è il complesso tessuto vascolare generato dal cambio verso l'interno; ha la funzione di trasportare l'acqua e i sali minerali dal terreno alle foglie; è costituito da elementi vasali e ha anche funzione meccanica di sostegno.

Meristema secondario nella crescita e sviluppo del legno

Ricapitolando, negli spazi compresi tra i fasci conduttori primari, si forma uno strato di cellule detto **cambio**, che si chiude attorno al fusto formando, se visto in sezione trasversale, una circonferenza. Questo strato cambiale si estende per tutta l'altezza del fusto, e forma quindi un cilindro cavo di cellule meristematiche. Il cambio duplica le proprie cellule, sia verso l'esterno, formando un anello continuo di *floema* (*libro*), sia verso l'interno formando un

anello di *xilema* (legno): questi nuovi tessuti garantiscono la continuità degli scambi tra le radici e gli apici in continuo accrescimento. Via via che nuovi germogli si formano, i rami precedenti lignificano e iniziano l'accrescimento secondario.

Il **cambio vascolare** è costituito da una guaina cilindrica di cellule meristematiche, la divisione delle quali produce *xilema* e *floema secondari*.

Il **fascio vascolare** è un cordone di tessuto contenente *xilema* e *floema primari* (e *procambio*, se è ancora presente), spesso avvolto da una guaina di parenchima o fibre. Con il passare del tempo, nei rami più vecchi e nel tronco, il cambio deve continuare a produrre internamente nuovo *xilema* che si sovrappone a quello più vecchio via via che questo si degrada e perde la sua funzione. Le cellule dello *xilema* quando muoiono rimangono nella parte più interna del fusto, assumendo funzione di sostegno. Questo legno morto è chiamato **duramen**, e per evitare che marcisca viene impregnato di tannini e altre sostanze prodotte dal legno vivo.

Se la capacità di una pianta di allungarsi è una caratteristica che si osserva anche in organismi vegetali molto antichi (alcune alghe fossili), la capacità di differenziazione cellulare è nella storia dell'evoluzione vegetale assai più recente. Questo fenomeno è dovuto ad una parte di cellule meristematiche che sono dette "cambiali", deputate all'aumento della parte assile del fusto, dei vasi e dei cribri. Analogamente a quanto accade per gli *apici vegetativi*, le cellule dei meristemi secondari conservano la facoltà di dividersi, dando origine agli elementi di tessuti definitivi (legno, libro, sughero), ma anche a nuove cellule di tessuto meristematico. Per tutta la durata della vita di una pianta, le cellule meristematiche producono cellule figlie all'inizio apparentemente identiche tra di loro; in seguito, esse si differenziano in modo da originare gruppi cellulari adatti a diverse funzioni che sono proprie dei vegetali superiori. Si formeranno così fasci vascolari, fibre di trasporto e di sostegno, foglie, ecc. Tutti i tessuti meristematici rappresentano una parte embrionale ancora attiva e indifferenziata in un vegetale adulto e definito.

Riassumendo, possiamo rimarcare che i tessuti embrionali del vegetale superiore, detti meristemi, sono formati da elementi cellulari di dimensioni ridotte, di diametro pressoché uguale, con pareti sottili e provvisti di abbondante citoplasma senza vacuoli (o pochi) e di grosso nucleo. Sono inoltre caratterizzati da un'intensa attività cariocinetica e da essi derivano tutti i tessuti definitivi adulti della pianta. A loro volta, i tessuti embrionali si distinguono in meristemi primari (meristemi iniziali o primordiali) e in meristemi secondari (tabella 3).

Tabella 3 . Classificazione dei meristemi.

TIPOLOGIA DEL MERISTEMA	GENERAZIONE	POSIZIONE NEL CORMO	LOCALIZZAZIONE
Meristemi primari	Direttamente dall'embrione	Apice caulinare	Terminale epigeo
		Apice radicale	Terminale ipogeo
Meristemi secondari	Parenchimatica	Cambio	Interna
		Gemme	Esterna, laterale
Meristemi speciali	Parenchimatica	Intercalare	Culmo delle Graminacee
Meristemi particolari	Parenchimatica	Flori, frutti	Esterna

TESSUTI MERISTEMATICI UTILIZZATI IN GEMMOTERAPIA

*Da ogni minuscolo germoglio nasce un albero con molte fronde.
Ogni fortezza si erige con la posa della prima pietra.
Ogni viaggio comincia con un solo passo.*

Lao Tzu

Come abbiamo affermato nel IX capitolo "Definizione di Gemmoterapia" (v. pag. 173)

, il metodo gemmoterapico non utilizza soltanto le gemme a scopo terapeutico, come la sua definizione potrebbe far pensare, ma impiega svariati tessuti meristemati che saranno descritti di seguito. Alcune ditte produttrici di gemmoderivati raccolgono da una stessa pianta le gemme, mentre altre ne raccolgono i giovani getti o i germogli. È il caso, ad esempio, dell'*Ampelopsis veitchii*, del *Crataegus oxyacantha*, del *Ginkgo biloba*, *Viscum album*, ecc. Per tale motivo, il lettore troverà talvolta elencati gli stessi nomi di alcune specie di alberi o arbusti sia tra le gemme sia tra i giovani getti. In altri casi, la presenza delle stesse piante in rubriche diverse sta a significare che di quella specie si usano sia i semi, sia la linfa, le gemme o altro. Riportiamo qui di seguito le varie parti vegetali embrionali fresche di alberi e arbusti utilizzati in gemmoterapia e descritti nel testo:

1) AMENTI - INFLORESCENZE

I termini latini per denominare l'amento sono: *Amentum*, *Julus*, *Inflorescentia* (Fr. *Chaton*); mentre per gli amenti maschili vale il termine *Flores mares* (Fr. *Fleurs mâles*). Gli **amenti**, detti anche **gattini** o **gattici** (Fr. *Chatons*), sono in-

fiorescenze a grappolo, spiriformi e sottili per lo più a disposizione pendula (*Alnus*, *Betula*, *Populus*) o eretta (*Salix*), con asse allungato e flessibile, formati generalmente da numerosi fiorellini, scarsamente colorati, privi di calice e corolla e disposti a forma di spiga (figura 7), caratteristici delle Fagacee e di alcune piante Apetale. I fiori che compongono l'amento sono unisessuali, ovvero soltanto staminiferi o solo pistilliferi e risultano privi di attrattive quali il colore vivace, la presenza di nettare o di profumo, in quanto ad impollinazione anemofila.

L'amento si chiama **semplice** quando presenta un unico asse (*Populus*, *Salix*); mentre si dice **composto** quando presenta brevi ramificazioni (*Juglans regia*). L'aspetto morfologico dell'amento è vario: **globoso** nel *Platanus*, **ovoide** nell'*Alnus*, **cilindrico** nel *Fagus*, **interrotto** nel *Quercus*. Le antere dei fiori che costituiscono l'amento producono una gran quantità di polline che li rende particolarmente adatti all'impollinazione anemofila (operata dal vento). Tra le piante amentifere ricordiamo *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Betula pubescens*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Polus nigra* e *Salix alba*. In gemmoterapia si utilizzano attualmente solo gli **amenti freschi** di *Betula pubescens*, *Quercus pedunculata* e *Salix alba*.



Fig. 7. Amenti o inflorescenze: 1. *Betula pubescens*; 2. *Alnus glutinosa*; 3. *Alnus rubra*; 4. *Juglans regia*; 5. *Betula verrucosa*; 6. *Populus nigra*; 7. *Corylus avellana*; 8. *Salix alba*.