

## BIOLOGIA VEGETALE

Tutti gli organismi viventi hanno il loro corpo costituito da un gran numero di molecole organiche.

Solo alcuni, tuttavia, sono in grado di sintetizzarle utilizzando semplici composti inorganici disponibili in natura. Questi organismi, ai quali appartengono le piante, vengono definiti **organismi autotrofi**. La sintesi di queste sostanze organiche, processo che richiede un arricchimento di energia delle molecole, viene svolto dalle piante grazie alla loro capacità di assorbire ed utilizzare l'energia luminosa, energia quindi di origine non biologica.

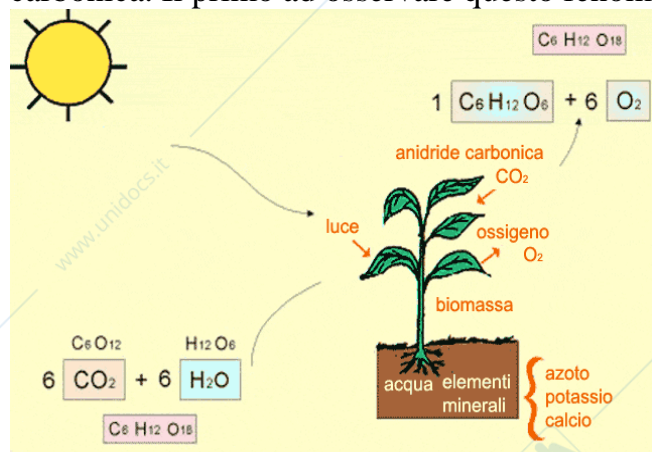
Data la composizione atomica delle molecole organiche, le materie prime alla base della sintesi dei componenti organici necessari per la vita sono l'acqua ed un composto del carbonio facilmente reperibile in natura: l'anidride carbonica; la fonte di energia luminosa è extraterrestre: il sole.

Questa particolare strategia di vita delle piante le contraddistingue dagli animali ed in generale dagli **organismi eterotrofi**, cioè da tutti quegli organismi che devono assumere sostanza organica per costruire le proprie molecole organiche.

Le piante e gli animali presentano diverse caratteristiche, ma anche sostanziali somiglianze. Infatti hanno in comune con essi un gran numero di molecole, quali acidi nucleici, amminoacidi, proteine, ecc... e molti processi metabolici, quali ad esempio la respirazione e la sintesi proteica.

Anche la struttura della cellula mostra affinità con quelle degli animali, pur differenziandosene sotto diversi aspetti.

La peculiarità di una pianta, che più di ogni altra la differenzia dagli altri organismi eucariotici, è la via metabolica della **fotosintesi**. Questa via metabolica, utilizzando l'energia luminosa proveniente dal sole, costituisce una via di sintesi di molecole organiche (rappresentate da carboidrati, generalmente glucosio) a partire da acqua e anidride carbonica. Il primo ad osservare questo fenomeno fu Robert Mayer.



**Gli organismi che utilizzano come fonte di energia ioni inorganici vengono definiti chemioautotrofi.**

La capacità di costruire, mediante la fotosintesi, le sostanze organiche necessarie per la vita ha condizionato lo sviluppo delle piante sia dal punto di vista della loro morfologia che della loro evoluzione.

Per procurarsi il maggior quantitativo di acqua e di biossido di carbonio possibile, in modo da poter costruire la sostanza organica indispensabile per la sua vita, la pianta ha sviluppato

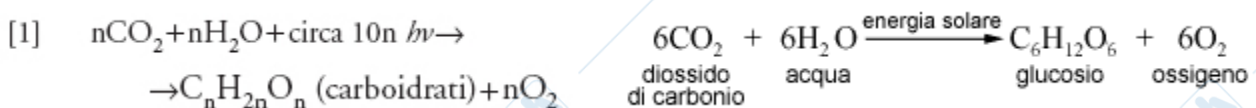
ampie superfici per assorbire queste due sostanze: ampio apparato radicale per assorbire H<sub>2</sub>O, ed un'ampia superficie fogliare per assorbire la CO<sub>2</sub>. L'esposizione di ampie superfici permette anche un efficiente assorbimento della radiazione solare (solo alcune lunghezze d'onda sono utilizzate per la fotosintesi).

Le piante per la loro vita necessitano di acqua con sali in essa disciolti, di anidride carbonica e di luce solare, tutti "ingredienti" praticamente ubiquitari e quindi facilmente disponibili. Ciò ha comportato alle piante, a differenza degli animali, il non sviluppo di strutture idonee ad un loro spostamento nell'ambiente. Le piante, infatti, sono immobili non avendo bisogno di muoversi per cercare le sostanze che servono per la loro vita. D'altro canto, esse necessitano di rinnovo e di ampliamento delle loro superfici assorbenti: di conseguenza crescono, formando sempre nuove foglie e nuove radici, per tutta la durata della loro vita.

Le parti verdi della pianta, in grado di assorbire la luce e contemporaneamente adatte all'assorbimento di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, sono dotate di larga autonomia. Perciò, parti cospicue della pianta possono essere perse, per tagli o danneggiamenti, senza che l'individuo ne soffra. D'altro canto un rametto o anche una singola foglia sono spesso in grado di originare un nuovo individuo.

La pianta è costruita in modo da non avere difese attive contro condizioni ambientali avverse, quali temperature troppo basse o mancanza di H<sub>2</sub>O, ma solo un adattamento passivo che può in certi casi comportare una riduzione quasi totale dell'attività metabolica. Negli animali, invece, la necessità di procurarsi alimenti di origine biologica ha sviluppato innanzitutto la capacità di movimento fino alla regolazione automatica di moltissime funzioni vitali, quali la regolazione della temperatura corporea o quella del volume dei liquidi interni. Ne deriva che di solito la perdita di una parte dell'organismo comporta l'impossibilità di rigenerare la parte mancante e, spesso, la morte dell'organismo stesso. Tuttavia a livello cellulare, le cellule vegetali, come quelle animali, mostrano moltissimi meccanismi automatici che regolano in modo preciso moltissime funzioni vitali quali ad esempio la respirazione o la sintesi delle proteine.

L'efficienza della fotosintesi rappresenta una valida chiave di lettura nello studio dell'evoluzione del mondo vegetale. Tra le piante attuali, quelle che hanno un miglior rapporto tra superficie corporea e fotosintesi sono le piante erbacee, nelle quali tutta la parte aerea è in grado di fotosintetizzare. Sono, infatti, erbacee le piante considerate più evolute. L'equazione della fotosintesi può essere scritta come:



L'ossigeno, emesso dagli organismi fotosintetici come sostanza di rifiuto, è quello che si è accumulato nell'atmosfera nel corso delle ere geologiche. Si ritiene che i primi organismi fotosintetici produttori di ossigeno siano comparsi nel Proterozoico, circa 2,3 miliardi di anni fa. L'aumento di questi organismi provocò un incremento della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera e, quando la sua quantità superò quella consumata per i processi ossidativi, primo fra tutti la respirazione, comparve per effetto delle radiazioni ionizzanti uno strato di ozono, capace di trattenere la maggior parte delle radiazioni ultraviolette provenienti dal sole che sono letali per gli organismi. Si rese così possibile la vita in

**ambiente subaereo.**

L'ossigeno viene utilizzato dalle piante e dagli animali per l'importantissima funzione della respirazione che fornisce loro l'energia necessaria allo svolgimento di tutte le attività vitali. L'impatto delle piante sull'ambiente non si limita alla produzione di ossigeno e sostanze organiche.

Tramite le radici le piante assorbono una grande quantità d'acqua dal terreno, utilizzandone per le loro attività metaboliche, solo una minima parte. Infatti, la quasi totalità dell'acqua assorbita viene emessa nuovamente nell'ambiente sotto forma di vapore. Questo vapore contribuisce al mantenimento dell'umidità atmosferica ed alla base della formazione delle nuvole, influenzando notevolmente la piovosità ed il clima. Inoltre, le piante rappresentano per l'uomo (animali) anche una fonte energetica. Oggi in piena età industriale, la nostra principale fonte energetica, il petrolio, è una sostanza organica prevalentemente di origine vegetale, accumulata in ere geologiche molto lontane.

Non va dimenticato che le piante sono state utilizzate dall'uomo, fin dagli albori della civiltà, anche per le loro proprietà terapeutiche. Ricordiamo l'importanza delle piante medicinali, che rappresentano ancora oggi, una sorgente di nuove molecole da isolare, studiare, sperimentare per poterle introdurre in terapia e in cosmesi.

**Le piante medicinali sono piante che contengono sostanze utilizzabili a fini terapeutici o precursori che consentano di ottenere per sintesi composti terapeuticamente attivi. (OMS)**

Solitamente quando una pianta viene privata della corteccia, la pianta viene messa a rischio. Ma grazie alla chimica è stato possibile partendo dai precursori ottenere il composto attivo. Ovviamente possono presentarsi dei problemi quali:

- rischio di estirpazione delle piante spontanee;
- problemi legati alle possibili interazioni con l'uso di altri farmaci;
- tossicità (la differenza sta nella dose che si somministra);

## **LE BASI MOLECOLARI DELLA CELLULA VEGETALE**

Tutti gli organismi sono formati da molecole organiche che sono costituite fondamentalmente da C, H, O, N, S, ai quali possono essere legati altri elementi quali P, Fe, Mg, Cl, Mn, presenti in piccole quantità. Inoltre, esistono molecole che, pur facendo parte del metabolismo di un individuo o di un gruppo di individui, non sono indispensabili per la vita, e vengono indicate con il termine **metaboliti secondari**, in contrapposizione con i **metaboliti primari**. Nelle piante sono presenti numerosi metaboliti secondari dei quali, un certo numero, costituiscono i principi attivi delle piante medicinali e sono responsabili della loro attività terapeutica.

Oltre alle molecole organiche, tutti gli organismi utilizzano una sostanza inorganica: l'acqua. Essa ha un'importanza enorme per tutti gli esseri viventi per cui è necessario includerla tra le molecole che si riscontrano in una cellula. Infatti la maggior parte delle reazioni chimiche del metabolismo avviene in soluzione acquosa. Inoltre, l'acqua entra come reagente in importantissime reazioni chimiche, quali la fotosintesi e la scissione di grandi polimeri. Tutti gli organismi viventi necessitano anche di un certo numero di sali inorganici, utilizzati in quantitativi minimi, ma la cui mancanza impedisce il normale sviluppo di un'organismo.

## **SOSTANZE INORGANICHE**

L'acqua

In un organismo come la foglia, che presenta un intenso metabolismo, l'acqua è presente in una quantità che si aggira intorno al 80/85%. Si hanno però delle notevoli variazioni a seconda della parte della pianta che si considera: i semi secchi contengono 5%, alcuni frutti arrivano al 95%.

(il seme protegge l'embrione che ha una vita latente al suo interno. L'assenza di acqua nel seme ha lo scopo di non far avvenire la germinazione, in modo tale da mantenere il seme. Quando la pianta produce il seme, fa sì che perda acqua).

Ioni inorganici pag.12

## SOSTANZE ORGANICHE (METABOLITI PRIMARI)

Metaboliti primari:

- carboidrati;
- lipidi;
- proteine;
- acidi nucleici;

Da pag 13 a 22

## LA CELLULA VEGETALE

Tutti gli esseri viventi possiedono un carattere comune: quello di essere formati da elementi microscopici, chiamati cellule.

Le cellule costituiscono le pietre elementari di qualsiasi individuo, sia esso unicellulare o pluricellulare. Parlando di cellule, la prima importantissima distinzione va fatta fra cellule procariotiche e cellule eucariotiche e quindi fra organismi procariotici ed eucariotici.

Noi in questo ambito parleremo della cellula vegetale e delle sue componenti.

Le cellule vegetali hanno forme molto varie. Se sono isolate (individui unicellulari) possono essere sferiche, ovoidali, allungate, ecc...; se invece sono aggregate ad altre cellule (individui pluricellulari)

possono essere poliedriche, globose, ovoidali, cilindriche, stellate, tubolose ecc...

Le loro dimensioni in genere, sono superiori, a quelle delle cellule animali. La cellula vegetale è formata da una parete cellulare esterna che contiene il protoplasto, a sua volta delimitato dalla membrana plasmatica che contiene il citoplasma.

Le cellule vegetali, oltre a contenere componenti comuni con le cellule animali, con il nucleo, il citoscheletro, i mitocondri, ribosomi, lisosomi ecc... presenta degli organuli caratteristici: plastidi, parete e vacuolo.

## PLASTIDI

Si differenziano da organuli presenti nelle cellule ancora indifferenziate del tessuto meristemato che prendono il nome di **protoplasti**. Questi sono delimitati da una doppia membrana ed hanno un sistema di membrane interne alquanto limitato. Con la differenziazione del tessuto meristemato in un tessuto adulto si ha anche la differenziazione dei proplastidi che diventeranno, nelle parti verdi della pianta, plastidi con funzione di svolgere la fotosintesi, cioè **cloroplasti**. Negli organi di riserva come radici, semi, ecc... si avranno i plastidi di riserva, cioè i **leucoplasti**, detti anche **amiloplasti**. Il terzo tipo di plastidio è costituito da i **cromoplasti**, che spesso rappresentano uno dei due tipi di plastidi sopradescritti, ma che possono differenziarsi anche direttamente dai proplastidi. Uno dei fattori che maggiormente influenzano la differenziazione del proplastidio è la presenza o

l'assenza della luce. La luce induce la formazione dei cloroplasti, il buio la formazione dei leucoplasti. Questo fattore non è però determinante, infatti, nell'epidermide i proplastidi, anche se esposti alla luce, non si trasformano in cloroplasti (l'epidermide di norma non ha i cloroplasti). Nella radice si formano prevalentemente leucoplasti, anche se questa viene esposta alla luce. Se un proplastidio si trova in organo dove dovranno formarsi dei cloroplasti, ma non è presente luce, si sviluppano dei plastidi particolari detti **ezioplasti**. In questo caso le piante appaiono bianche e si dicono eziolate. Questi particolari plastidi presentano un sistema di membrane interne diverso da quello dei normali cloroplasti. Se esposti alla luce gli ezioplasti si trasformano in cloroplasti.

È stato osservato che a seconda della posizione nella pianta e della loro esposizione alla luce, i plastidi, in particolare i cloroplasti e gli amiloplasti possono trasformarsi l'uno nell'altro.

Lo stadio irreversibile è costituito dai cromoplasti che non hanno la possibilità di trasformarsi.

### Cloroplasti

Nelle piante terrestri sono piccoli e numerosi, di forma ellisoidale. Sono delimitati da una doppia membrana, detta involucro del cloroplasto. All'interno presentano numerose membrane, a forma di sacchi appiattiti, alcuni dei quali percorrono il cloroplasto in tutta la sua lunghezza, detti tilacoidi stromatici od intergrana, ed altri molto più brevi, detti tilacoidi granari, impilati l'uno sull'altro, che costituiscono i grana. I tilacoidi stromatici e i grana essendo estroflessioni dello stesso sacco, sono interconnessi tra di loro. La parte del cloroplasto non occupata dai tilacoidi costituisce lo **stroma**. In esso sono presenti DNA di tipo batterico e numerosi ribosomi, anch'essi di tipo batterico. I cloroplasti, come i mitocondri, sono in grado di costruire, con gli acidi nucleici di cui sono forniti, parte degli enzimi necessari al loro funzionamento, quelli mancanti vengono prodotti nel citoplasma e poi introdotti nel cloroplasto. Quando il cloroplasto ha funzionato, all'interno, tra i tilacoidi, si osservano dei granuli d'amido. Questo amido che deriva direttamente dalla polimerizzazione del glucosio prodotto della fotosintesi, prende il nome di **amido primario**. Durante la notte l'amido primario verrà depolimerizzato, allontanato e trasportato nei siti in cui verrà utilizzato come fonte energetica o immagazzinato come sostanza di riserva (**amido secondario**).

La prima parte della fotosintesi, la parte luminosa, si svolge nei tilacoidi. La fase oscura, invece, avviene nello stroma del cloroplasto.

### Leucoplasti o amiloplasti

Sono plastidi adibiti alla riserva di amido. L'amido che si accumula nei cloroplasti (amido primario), dev'essere rimosso, in quanto il suo accumulo ostacolerebbe il procedere della fotosintesi. Viene quindi idrolizzato e trasferito ed utilizzato dalla pianta per necessità energetiche e plastiche, cioè la costruzione di una sostanza organica. In alcuni periodi dell'anno le piante producono più amido che viene accumulato nei leucoplasti, come riserva, e viene chiamato amido secondario (proprio perchè deriva dall'amido primario). Questo amido sarà utilizzato dalla cellula quando ne avrà bisogno.

La deposizione dell'amido inizia attorno ad un punto più o meno centrale del leucoplasto l'ilo, che ha forma variabile. A poco a poco tutto il plastido si riempie di amido ed assume l'aspetto di un granulo. Attorno all'ilo si depositano strati concentrici di catene di alfa-

glucosio disposte radialmente.

I granuli d'amido sono detti semplici quando appaiono tra loro indipendenti e si originano per deposizione degli strati intorno all'ilo, composti quando risultano dall'aggregazione di più granuli semplici che si vanno formando per deposizione intorno a più ili e sono contenuti all'interno di uno stesso amiloplasto. I granuli d'amido composti sono più facilmente digeribili, dato che possono essere disgregati facilmente offrendo una maggiore superficie all'attacco degli enzimi digestivi.

Alcuni granuli d'amido sono presenti a livello della radice, in particolare, a livello dell'apice radicale. L'apice radicale presenta una struttura che prende il nome di cuffia, che lo riveste, come un cappuccio, evitando danni alla radice che cresce nel terreno.

La cuffia è la sede di percezione della forza gravità, necessaria per indirizzare l'accrescimento della radice verso il basso (geotropismo positivo). Infatti, le cellule localizzate nella parte centrale della cuffia, detta columella, contengono voluminosi granuli d'amido che funzionano, definiti **statoliti**, che funzionano come sensori di gravità. Un cambiamento di posizione dell'apice provoca lo spostamento di questi granuli di amido che attivano un meccanismo di crescita differenziata che riporta l'apice nella giusta direzione di crescita.

### Cromoplasti

Hanno forma molto simile a quella dei cloroplasti. Sono delimitati da una doppia membrana, ed all'interno hanno un sistema di membrane ridotto e variamente organizzato. Nei cromoplasti mancano le clorofille, sono presenti solo i carotenoidi che conferiscono al plastidio un colore giallo, arancio o rosso. Nello stroma si trovano gocce lipidiche, dette plastoglobuli. Sono responsabili della colorazione di molti organi delle piante, quali frutti (pomodori, aranci, banane ecc...) e fiori.

### VACUOLO

Nella cellula vegetale tipica, un unico grande vacuolo occupa la maggior parte del volume citoplasmatico. Esso è delimitato da una membrana lipoproteica (**tonoplasto**) e contiene al suo interno acqua nella quale sono disciolte sostanze di varia natura, sia organiche che inorganiche, che nell'insieme prendono il nome di **succo cellulare** o **vacuolare**.

Nelle cellule embrionali i vacuoli sono molto piccoli e inesistenti. Il grande vacuolo centrale si forma nel corso della differenziazione, per il confluire di piccole vescicole che derivano prevalentemente da cisterne dilatate del reticolo endoplasmatico e, secondariamente, da vescicole del Golgi. La presenza del vacuolo centrale comporta uno spostamento in periferia del citoplasma e degli organuli in esso contenuti. In particolare, nelle cellule parenchimatiche, i cloroplasti vengono a trovarsi addossati al plasmalemma, posizione particolarmente favorevole per gli scambi gassosi e quindi per la fotosintesi. Inoltre, il vacuolo, grazie alla concentrazione delle sostanze che contiene, risulta osmoticamente attivo, cioè esercita un richiamo di acqua dall'esterno verso l'interno della cellula, mantenendo in questo modo la cellula sempre in turgore.

Il vacuolo, con il suo contenuto acquoso, risulta metabolicamente piuttosto inerte, rispetto al resto del citoplasma. Ciò permette alle cellule vegetali di raggiungere volumi considerevoli, senza che venga alterato il rapporto ottimale superficie/volume che garantisce, attraverso la membrana plasmatica, un buono scambio con l'esterno.

Il vacuolo può avere funzione di riserva, infatti può contenere zuccheri e proteine, ma può

anche contenere vari enzimi, capaci di idrolizzare le sostanze di riserva.

I vacuoli possono contenere varie sostanze come:

- ioni inorganici;
- acidi organici;
- proteine;
- zuccheri;

Gli ioni inorganici quali  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$  ed altri ancora.

Per quanto riguarda invece, gli acidi organici, abbiamo l'acido ossalico, citrico, malico, tartarico. L'acido malico è particolarmente frequente, come pure l'acido ossalico. Quest'ultimo di norma salifica con  $Ca^{++}$ , dando origine agli ossalati di calcio che, essendo insolubili, precipitano all'interno del vacuolo formando cristalli di forme diverse. Se la cristallizzazione avviene nel sistema tetragonale si ha la formazione di **prismi** che possono essere isolati o concresciuti insieme a formare **druse**. Se avviene nel sistema monoclinico si formano prismi monoclinici che hanno l'aspetto di aghi sottili, detti **rafidi**. Se i cristalli sono molto piccoli vengono indicati come **sabbia cristallina**. La forma dei cristalli di ossalato può essere utile nel riconoscimento microscopico delle **droghe**.

Invece per gli zuccheri, si tratta di mono o disaccaridi; i più frequenti sono fruttosio e saccarosio.

Quest'ultimo si trova raramente accumulato in grandi quantità; fanno eccezione la canna da zucchero e la barbabietola, nelle quali costituisce un'importante sostanza di riserva che viene sfruttata industrialmente (zuccherifici). Si possono trovare anche polisaccaridi, in particolare i **fruttani**.

Le proteine, invece, sono presenti nei semi, come sostanze di riserva. Costituiscono dei piccoli vacuoli solidi, chiamati **granuli di aleurone**. Un granulo di aleurone presenta una struttura chiamata cristalloide, per la sua forma simile a quella di un cristallo. Il cristalloide è accompagnato da una struttura globosa detta **globoide**, costituita da fitina, molecola che ha funzione di riserva di fosforo. Il rimanente del granulo contiene proteine amorfe.

Oltre queste, i vacuoli possono contenere metaboliti secondari, rappresentato infatti, una delle più comuni sedi citologiche per questi prodotti.

## METABOLITI SECONDARI

Le piante producono un gran numero di molecole estremamente varie da un punto di vista chimico, che vengono indicate con il termine generico di metaboliti secondari. A differenza dei metaboliti primari, i secondari non hanno un ruolo ben specifico e riconosciuto nel metabolismo della pianta. Però si è evidenziato che molti di questi metaboliti hanno un ruolo di difesa contro gli erbivori o contro i microrganismi, altri la funzione di attrarre gli animali per l'impollinazione o per la disseminazione.

Inoltre, i metaboliti secondari hanno molta importanza per l'uomo. Esse costituiscono gran parte dei principi attivi presenti nelle piante che vengono utilizzate come medicinali, come aromatizzanti, come materia prima per varie industrie, tra cui quella farmaceutica.

Va ricordato che molto frequentemente i metaboliti secondari sono presenti, nelle piante, in forma glicosidica o eterosidica, legati cioè ad uno o più zuccheri, il più frequente dei quali è il glucosio. In questo caso vengono anche chiamati **glucosidi**, mentre in tutti gli altri casi si chiamano generalmente **glicosidi**. Quindi per **glicoside** o **eteroside** si intende una molecola costituita da una parte zuccherina chiamata "**glicone**" legata ad una parte non zuccherina,

definita “**aglicole**” o “**genina**”. La presenza degli zuccheri facilita la solubilità in acqua della molecola è determinata dall'aglicone.

Le migliaia di metaboliti secondari delle piante possono essere raggruppati in categorie, ognuna identificata da elementi strutturali caratteristici e della via biosintetica: **composti fenolici, terpenoidi, steroidi, composti azotati, in particolare gli alcaloidi.**

## COMPOSTI FENOLICI

Vasta categoria di prodotti, che presenta un'ampia variabilità molecolare, molto diffusa in tutto il regno vegetale. L'elemento strutturale che li caratterizza è il gruppo fenolico cioè un anello aromatico a cui è legato un gruppo ossidrilico. Una definizione puramente chimica non è però sufficiente in quanto numerosi alcaloidi e terpeni possiedono nella loro molecola un gruppo fenolico. Per caratterizzarli si utilizza quindi anche un criterio biosintetico. Le vie biosintetiche in questo caso sono due: quella dell'acido scichimico e quella dell'acido malonico. La prima è la via seguita per la sintesi della maggior parte dei fenoli vegetali. La seconda, sebbene sia una fonte importante di fenoli per i funghi e batteri, nelle piante riveste un'importanza minore. Inoltre, frequentemente avviene una partecipazione simultanea di entrambe le vie biosintetiche per sintetizzare composti di origine mista come, ad esempio, i flavonoidi. Dalla via dell'acido scichimico derivano gli amminoacidi aromatici fenilalanina e tiroxina e, da questi, gli acidi cinnamici e i loro numerosi derivati: acidi benzoici, lignani, lignine, cumarine, flavonoidi ecc... dalla via dell'acido malonico derivano cromoni, isocumarine, chinoni ecc...

Sembra che i composti fenolici siano implicati in funzione di difesa ed in fenomeni di allelopatia. L'allelopatia è un termine utilizzato per indicare una caratteristica di una pianta, ovvero la capacità di rilasciare nel terreno sostanze che bloccano o rallentano la crescita di altre piante. Le sostanze che presentano questa caratteristica vengono definite sostanze allelopatiche o allelochimici. Il termine di a.s. fu coniato nel 1937 dal botanico H. Molisch per indicare le sostanze tossiche emesse da piante superiori, nell'aria o nel terreno (o anche da microrganismi quali batteri, attinomiceti, funghi), a scopo protettivo, offensivo, contro sollecitazioni o azioni dell'ambiente, invasione di altre piante e organismi, ecc. Il termine dovrebbe indicare l'esistenza di un danno reciproco sia dell'organismo che emette la sostanza, sia di quello che la riceve; in realtà la specie che emette la sostanza trae un vantaggio mentre quelle che la ricevono ne subiscono un danno.

L'allelopatia costituisce una lotta nella quale gli organismi tendono a difendere il proprio accrescimento o il proprio 'spazio vitale' emettendo sostanze che possono agire sulle altre specie in diversi modi (sulla germinazione, sulla crescita o sviluppo). Sono alcune centinaia di sostanze emesse, giorno e notte, sopra e sotto il terreno, da piante superiori per difendersi o per predominare su altre. (esempio pianta del noce)

I fenoli semplici hanno uno scarso interesse in terapia, trovano impiego come antisettici e come antinfiammatori.

## Cumarine

Si possono considerare lattoni degli acidi-2-idrossi-Z-cinnamici che derivano almeno in parte dalla via biosintetica dell'acido scichimico. Sono presenti nelle famiglie delle Fabaceae, Asteraceae, e soprattutto Apiaceae e Rutaceae. Spesso nelle piante si trovano sotto forma glicosidica. Sono molecole fisiologicamente molto attive che hanno varie azioni sulle cellule. Appartengono a questa categoria, alcune **fitoalessine (possono presentare diverse strutture chimiche, ma presentare la stessa azione biologica)**, sostanze che la pianta produce per difendersi dai patogeni, osservate per la prima volta nella pianta di pisello (*Pisum sativus*), ed alcuni veleni molto potenti, come l'aflatossina prodotta dal fungo *Aspergillus flavus*.

### Lignani e neolignani

Derivano dalla condensazione di due unità fenilpropaniche. Questa stessa unità strutturale si riscontra anche nella lignina. In questo caso però la molecola è un polimero ramificato, costituito da un altissimo numero di monomeri e sulla cui struttura e biosintesi restano ancora dei lati oscuri.

Nelle piante svolgono un ruolo di difesa avendo proprietà antibatteriche ed antifugine. Le proprietà terapeutiche sono legate alla loro attività antimitotica. L'uso alimentare di piante contenenti lignani (in particolare i semi di lino) è raccomandata in quanto avrebbe un'azione preventiva nei confronti di alcuni tipi di tumore.

### Flavonoidi

Molecole molto diffuse nel regno vegetale derivanti da prodotti delle vie dell'acido scichimico e dell'acido malonico. Sono costituiti da due anelli aromatici uniti da un ponte a tre atomi di carbonio. Vengono classificati a seconda del diverso grado di ossidazione dell'anello piranico centrale, che può essere aperto. Sono pigmenti accumulati nei vacuoli. Le antocianine sono glicosidi, responsabili delle colorazioni rosso, rosa, viola, blu che riscontriamo nei fiori, nei frutti ed anche nelle foglie.

Flavoni e flavonoli rappresentano la maggior parte dei flavonoidi e sono presenti in quasi tutte le piante terrestri. Essi assorbono la luce a lunghezze più corte di quelle antocianidine, in genere vicino all'UV, anche se possono assumere una colorazione gialla arancio e contribuire, come co-pigmenti, alla colorazione dei fiori e dei frutti.

La maggior parte di questi composti, però, risulta incolore, in quanto non è percepibile dall'occhio umano. Sono invece visibili per molti insetti, come le api, che vedono anche l'ultravioletto, costituendo in questo modo dei segnali per indicare all'insetto la posizione del polline e del nettare. Questi composti sono presenti anche nelle foglie ed in tutte le parti verdi della pianta. Poiché assorbono fortemente nella regione UV-B, lasciando passare le lunghezze d'onda del visibile, fotosinteticamente attive, si ritiene che svolgono un ruolo di protezione della pianta nei confronti delle radiazioni ultraviolette.

Le antocianidine sono importanti per l'interazione pianta-animale poiché forniscono segnali visivi che attraggono gli animali.

### Tannini

Polifenoli ad alto peso molecolare in grado di complessare sia con zuccheri che con proteine, particolarmente diffusi nel regno vegetale con funzione di difesa dai patogeni. La capacità di complessare con le proteine ha fatto sì che questi composti venissero usati fin dall'antichità per la concia delle pelli. Sono rappresentati da due gruppi di polimeri: tannini idrolizzabili e tannini condensati. I primi sono polimeri eterogenici contenenti acidi fenolici, specialmente acido gallico, legati a molecole di glucosio.

I tannini condensati sono polifenoli che hanno strutture derivate da varie unità di flavonoidi di tipo catechinico, che per trattamento con acidi non si idrolizzano, ma danno luogo a prodotti insolubili rosso mattone, chiamati flobafeni.

I tannini sono molto frequenti nelle piante e si possono considerare delle tossine generiche che inibiscono la crescita in molti erbivori, tanto che molti animali evitano di nutrirsi delle piante che ne sono ricche. Questi composti, quando vengono masticati, danno in bocca una decisa sensazione astringente (allegano, allappano) a causa del loro legame con le proteine salivari.

## TERPENOIDI E STEROIDI

Costituiscono sicuramente il più grande gruppo di metaboliti secondari presenti nei vegetali. I terpenoidi sono quasi esclusivi dei vegetali, pochi sono presenti negli animali.

I composti steroidici sono, invece, ben rappresentati negli animali.

Tutti i terpeni e gli steroidi possono essere considerati derivati dalla condensazione di unità a 5 atomi di carbonio, costituite dalla molecola dell'isoprene.

→ Isoprenoidi (guarda quaderno)

### Monoterpeni e sesquiterpeni

Sono i principali costituenti degli olii essenziali che spesso impartiscono alla pianta odore ad una parte un odore caratteristico. Si tratta di prodotti volatili a composizione complessa.

Questi prodotti si trovano quasi esclusivamente nei vegetali superiori. Si possono trovare nei fiori, nei frutti, nelle foglie, più raramente nelle scorze, nei rizomi, nelle radici e nei semi. In genere la sintesi e l'accumulo degli olii essenziali avviene in strutture istologiche bene differenziate che possono essere cellule ad olio essenziale, tricomi secretori, tasche secretrici o canali secretori.

La funzione biologica degli olii essenziali è abbastanza oscura, anche se verosimilmente hanno un ruolo ecologico che può essere di attrazione degli insetti impollinatori, di difesa contro i microrganismi (batteri e funghi) ma forse anche di tipo allelopatico.

### Diterpeni

Costituiscono un ampio gruppo di sostanze a 20 atomi di carbonio, a struttura molto variabile in quanto possono essere aciclici, ciclici.

Sono molecole attualmente piuttosto studiate per il loro effetto "antifeedant" (cioè repellente nei confronti di insetti che quindi non si nutrono delle piante che li contengono). Inoltre, sono risultati tossici anche per gli erbivori.

### Triterpeni e steroidi

Coprendono una grande varietà di composti strutturalmente differenti, derivati tutti dallo squalene.

- **Saponine:** costituiscono un ampio gruppo di eterosidi, molto diffuso tra i vegetali. Hanno la proprietà di formare schiume se disciolte in acqua. Inoltre, molte saponine hanno proprietà emolitiche e sono tossiche nei confronti degli animali a sangue freddo, soprattutto dei pesci. Nelle piante probabilmente svolgono un'azione antimicrobica ed antifungina.
- **Glicosidi cardiotonici:** molecole dotate di una notevole uniformità strutturale e farmacologica. La struttura comporta una genina stereodica di tipo cardenolide o di tipo bufadieloidi a cui sono legati degli zuccheri. La loro attività cardiotonica è dovuta alla genina, ma la presenza degli zuccheri aumenta e modula l'azione della genina, variando la polarità della molecola. Dato la loro tossicità il loro uso è relativamente recente.

## COMPOSTI AZOTATI

### Alcaloidi

Composti azotati nei quali l'azoto, molto spesso, fa parte di un anello eterociclico, cioè di un anello in cui è presente almeno un atomo di azoto. Essi sono normalmente sintetizzati a partire dagli amminoacidi. Come dice il loro nome hanno caratteristiche alcaline. Di norma nelle piante sono presenti in forma di sali.

Sono molecole ritenute tipiche delle piante. Inoltre, è raro che le piante contengano un solo tipo di alcaloide. In genere ne contengono vari, quasi tutti con la stessa via biogenetica dei quali, eventualmente uno, in quantitativo preponderante.

Di norma gli alcaloidi sono accumulati al livello del vacuolo, in cellule isolate o in strutture tipo i canali laticiferi.

Come tutti gli altri metaboliti delle piante, la funzione di queste sostanze sono ancora poco note. L'ipotesi è che queste sostanze, data la loro tossicità, abbiano la funzione di difesa contro gli erbivori. L'attività che si riscontra più frequentemente è quella al livello del sistema nervoso, sia centrale, che autonomo.

### Lectine

Proteine o glicoproteine capaci di fissarsi in modo specifico e reversibile alle membrane cellulari. In genere sono localizzate nei semi. Esse vengono metabolizzate durante la germinazione. Le lectine sono in grado di agglutinare i globuli rossi. Alcune volte sono dotate di notevole tossicità.

## PARETE CELLULARE

La parete forma un involucro piuttosto rigido all'esterno del protoplasto che impedisce alla cellula di ringofarsi troppo per assorbimento di acqua e quindi di scoppiare. La cellula vegetale, infatti, avendo di norma nel citoplasma una concentrazione di soluti maggiore di quella che si trova all'esterno, tenderebbe a far entrare continuamente acqua.

I componenti chimici della parete sono sintetizzati nel citoplasma e trasferiti all'esterno del plasmalemma: la parte perciò rappresenta un prodotto del citoplasma. Si inspessisce in direzione centripeta, ovvero dall'esterno della cellula verso l'interno (l'ultimo strato costruito è quello più vicino al citoplasma). La parete funziona anche come difesa per la cellula vegetale costituendo una barriera fisica.

**I componenti della parete cellulare sono:**

- 1) Lamella mediana;
- 2) Parete primaria;
- 3) Parete secondaria;

- 1) Per lo sviluppo della lamella mediana facciamo riferimento ad una cellula meristemica, non differenziata, in attiva divisione.
- 2) Per lo sviluppo della parete primaria facciamo riferimento alla fase di distensione.
- 3) Per lo sviluppo della parete secondaria facciamo riferimento alla fase di .....

La parete si forma nel momento stesso in cui la cellula si divide. Quando la mitosi arriva nello stadio finale della telofase, il fuso mitotico non scompare immediatamente, ma persiste. Attraverso i microtubuli che lo costituiscono vengono avviate le prime sostanze che formeranno la parete. Quindi contemporaneamente ai microtuboli nel citoplasma compaiono vescicole prodotte dall'apparato di golgi, piene di materiali che verranno incorporati nella piastra cellulare in via di formazione. Si portano sul piano equatoriale probabilmente guidate dalle fibre del fuso e si fondono a formare la piastra cellulare o setto di separazione, mentre la membrana che le avvolgeva va a far parte della membrana citoplasmatica di ciascuna delle due cellule. La parete che si origina in questo modo è la **lamella mediana**.

La lamella mediana in un tessuto adulto assolve alla importante funzione di tenere incollate le cellule, grazie alle proprietà adesive dei suoi polisaccaridi, essa infatti è costituita principalmente da polisaccaridi del tipo delle **pectine**: polimeri dell'**acido galatturonico**.

**Il modello generale della parete comprende, dall'esterno verso l'interno della cellula diversi strati:**

- 1) lamella mediana;
- 2) parete primaria;
- 3) parete secondaria.

La parete primaria ha la capacità di crescere in superficie adattandosi alla crescita di dimensioni della cellula. Essa si forma strettamente addossata alla lamella mediana, quando la cellula non ha ancora finito il suo accrescimento per distensione. Quindi la parete deve essere in grado di accrescersi per poter contenere la cellula che sta aumentando di dimensioni.