



*CORSO PER GIARDINIERI D'ARTE PER GIARDINI E PARCHI STORICI*

# **PRINCIPI DI AGRONOMIA**

Lezioni del

*Prof. G. Di Stefano*

*(2024)*

# **L'AGRONOMIA E LA PRODUZIONE AGRARIA**

# COS'E' L'AGRONOMIA?

Dal Dizionario Treccani:

**agronomía** *lat.* AGRONOMÍA dal *gr.* AGRÒS *campo* (v. *Agros*) e NÒMOS *legge, regola* (v. *Economia*). — Scienza che insegna le teorie della coltivazione dei terreni.  
Deriv. *Agròndmico; Agrònomo.*

La parola agrònomia deriva dal greco antico **ἀγρός**, *agròs* ("campo, campagna") e **νόμος**, *nòmos* ("legge, regola")

Quindi:

**regole per la coltivazione dei campi**

La produzione agraria è il risultato delle attività agricole che le società del passato e di oggi svolgono nell'ambiente, **mettendo a frutto una parte dell'energia solare nel processo fotosintetico di piante utili all'uomo.** Le colture agrarie forniscono una lunga serie di alimenti, una parte dei quali destinati all'allevamento di animali domestici, o un insieme di prodotti non alimentari ma comunque utilizzati dall'uomo per numerosissimi tipi di impieghi (es.: tessile, industriale, combustibile).

L'agricoltura, dunque, non coincide con l'agronomia. Questa è una scienza applicata, della quale si può accogliere la seguente definizione di L. Cavazza:

“L'agronomia è **la scienza** (o gruppo di scienze) **che studia l'influenza** – negativa o positiva – **che, viene esercitata dall'intervento dell'uomo sui fattori fisici, chimici e biologici che determinano la produzione, entro un campo di variazioni di questi interventi che comprenda situazioni tecniche di effettivo o presumibile interesse pratico.**”

Per un minimo ed indispensabile aggiornamento di questa definizione, oggi è necessario estendere i compiti dell'agronomia anche allo studio degli effetti che l'agricoltura determina sull'ambiente e di quelli che l'ambiente extra-agricolo determina sull'agricoltura.

La produzione vegetale agraria è frutto dell'azione combinata delle fondamentali funzioni fisiologiche produttive: *fotosintesi clorofilliana*, *respirazione cellulare*, *traspirazione*, *assorbimento nutritivo* (acqua e sali minerali).

# **I fattori della produzione agraria**

## Introduzione

Gli **elementi fondamentali** della produzione agraria, cioè i fattori elementari che presiedono la produzione agricola, sono:

- il clima
- il terreno
- la pianta

## **Introduzione**

### **Fattori climatici (clima)**

Rappresentavano, un tempo, i limiti naturali e non modificabili della produzione agricola. Per effetto dei cambiamenti climatici in atto, i fattori climatici rappresentano ancora un'azione limitante della produzione agricola (siccatà, inondazioni, elevate temperature, ecc.)

### **Fattori pedologici (terreno)**

Lo studio della pedologia ha contribuito ad esaltare le produzioni agricole, adattandole alle diverse condizioni dei suoli.

### **Organismi vegetali (piante)**

Individui oggetto dell'applicazione delle tecniche agronomiche

**La pianta**

## **La pianta**

Gli studi condotti sulle possibilità di miglioramento genetico e di adattamento alle condizioni climatiche e pedologiche delle piante, hanno consentito di aumentare le rese produttive dei vegetali e le possibilità di insediamento delle colture anche in condizioni pedoclimatiche non ottimali.

# La pianta

## Le funzioni fisiologiche dei vegetali

Nella pianta è indispensabile coordinare diverse attività fisiologiche (fotosintesi, respirazione, traspirazione, assorbimento radicale) al fine di esaltare la produzione della sostanza organica (zuccheri) da depositare negli organi di riserva (radici, frutti, tuberi, ecc.)

L'agricoltura è stata definita come l'attività svolta dall'uomo intesa a convertire l'energia fisica (radiazione solare) in energia chimica (prodotti utili all'uomo).

## La pianta

Processi fisiologici compiuti dalle piante:

- ✓ Fotosintesi clorofilliana
- ✓ Respirazione cellulare
- ✓ Traspirazione
- ✓ Assorbimento radicale

# La pianta

## Fotosintesi

**PROCESSO BIOCHIMICO ATTRAVERSO IL QUALE IL VEGETALE OPERA LA TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE (fisica) IN ENERGIA CHIMICA**

La reazione biochimica è la seguente:

con il processo fotosintetico, sei molecole di acqua reagiscono con sei molecole di anidride carbonica originando, in presenza di luce e di clorofilla, una molecola di carboidrato e sei molecole di ossigeno.



Più correttamente dovrebbe scriversi:



**Perché l'ossigeno che si libera deriva dall'idrolisi dell'acqua mentre quello della CO<sub>2</sub> entra nel glucosio o in altre molecole di acqua.**

## La pianta

- ✓ Efficienza fotosintetica
- ✓ Specie a C3
- ✓ Specie a C4
- ✓ Specie CAM
- ✓ Saturazione luminosa

## Efficienza fotosintetica

La fotosintesi è il meccanismo biochimico mediante il quale le piante, a partire da luce solare, acqua e CO<sub>2</sub>, producono composti organici e liberano ossigeno. Nella prima fase la luce solare viene assorbita dalla clorofilla e convertita in energia chimica (ATP e NADPH), nella seconda fase, chiamata “ciclo di Calvin”, a opera di diversi enzimi la CO<sub>2</sub> viene convertita in carboidrati.

Mediante la fotosintesi gli organismi non fotosintetici (uomo e animali) hanno a disposizione cibo e ossigeno.

Nei Procarioti fotosintetici la fotosintesi avviene nei ripiegamenti (mesosomi) della membrana plasmatica, mentre negli **Eucarioti** il processo si attua nei cloroplasti.

I [cloroplasti](#) hanno una membrana esterna, una membrana interna e i tilacoidi, sulle cui membrane si trovano diverse proteine e pigmenti.

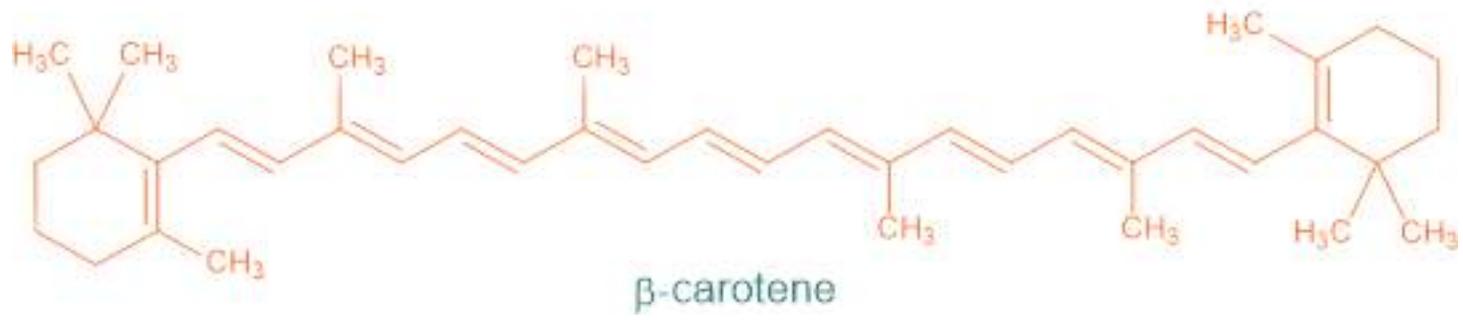
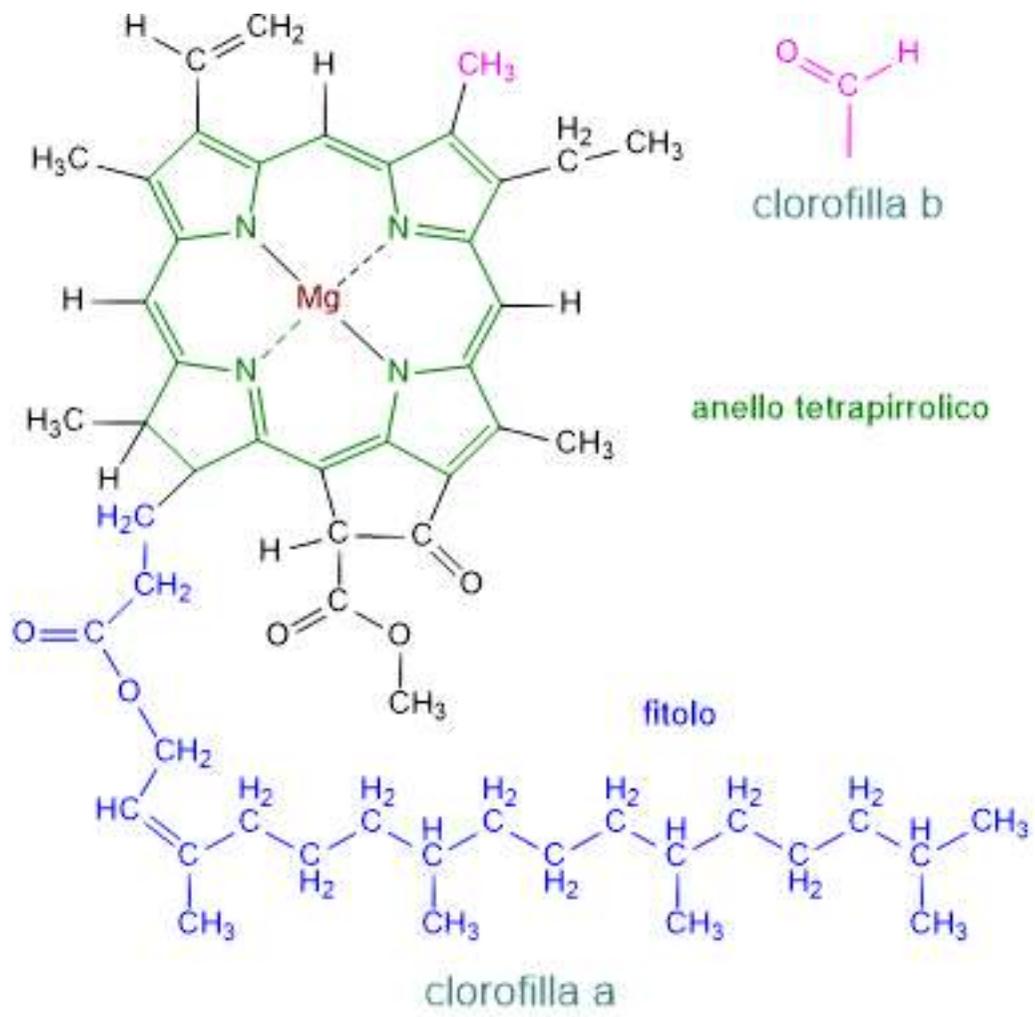
I pigmenti sono:

- la **clorofilla a**, presente in tutti gli organismi fotosintetici, è la sola in grado di dare l'avvio alla fase luminosa della fotosintesi; assorbe le lunghezze d'onda corrispondenti al rosso (660 nm) e al blu-violetto (440 nm);
- la **clorofilla b**, presente nei vegetali superiori e in alcuni gruppi di Alghe, assorbe lunghezze d'onda rosso-arancio (640 nm) e blu (460 nm), quindi simili alla *a*;
- le **clorofille c** e *d*, insieme alla *b*, hanno la funzione di *pigmenti accessori* o *antenna*, che convogliano i fotoni verso la clorofilla *a*; sono presenti in alcune Alghe e, in particolare, la *d* si trova solo nelle alghe rosse;
- i **carotenoidi**, che comprendono **caroteni** e **xantofille**, assorbono le lunghezze d'onda corrispondenti al blu-violetto e al blu-verde, (470 nm) cioè quelle che la clorofilla non è in grado di utilizzare e sono sempre pigmenti antenna;
- le **ficobiline**, tra cui le **ficocianine**, presenti solo nelle alghe, assorbono le lunghezze d'onda verdi e gialle perché la luce azzurra o rossa non raggiunge le profondità in cui vivono questi vegetali.

La molecola della **clorofilla** ha una struttura complessa formata da 2 subunità: una "testa" costituita da un **anello tetrapirrolico** e la "coda" formata dal **fitolo**.

L'anello consta di 4 pirroli disposti a cerchio e al centro si trova un atomo di **magnesio**.

Il fitolo è una lunga catena idrofoba che consente l'ancoraggio al tilacoide.



L'insieme dei pigmenti, delle proteine integrali e della catena di trasporto degli elettroni costituisce un **fotosistema**.

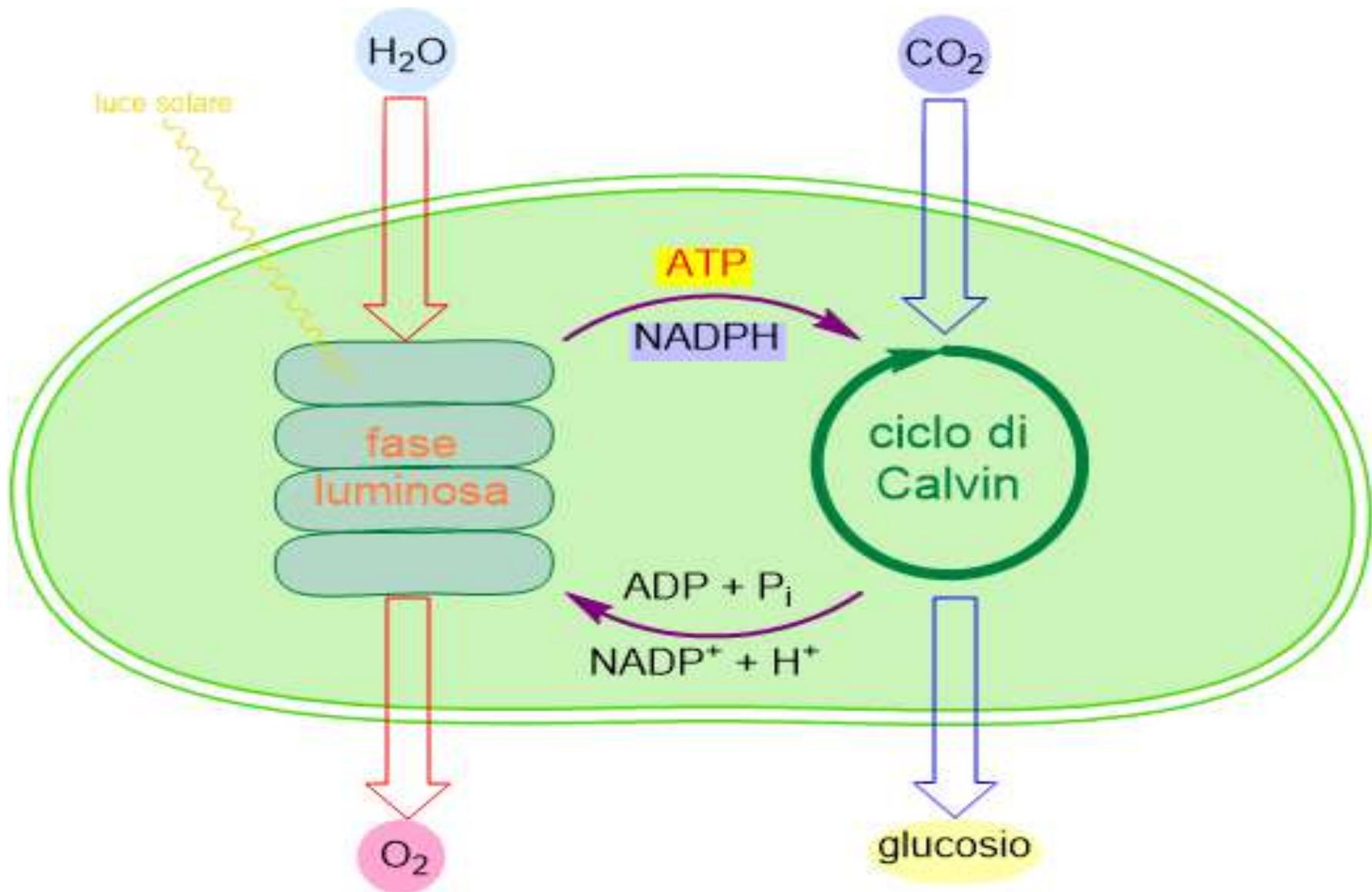
Il **fotosistema II**, detto **P<sub>680</sub>** perché il pigmento assorbe lunghezze d'onda fino a 680 nm, è il principale ed è presente in tutti gli organismi fotosintetici.

Il **fotosistema I (P<sub>700</sub>)** è assente nei Procarioti fotosintetici. La differenza è dovuta alle diverse proteine con cui è associato il centro di reazione e alla maggiore abbondanza di clorofilla *b*.

La fotosintesi avviene in due fasi:

1. la **fase luminosa (luce-dipendente)**, che richiede la presenza di luce, nella quale viene catturata l'energia luminosa e immagazzinata in ATP e NADPH; si svolge nei tilacoidi;

2. la **fase oscura (luce-indipendente)**, che trasforma l'anidride carbonica e gli atomi di idrogeno provenienti dall'acqua in glucosio, sfruttando l'energia precedentemente accumulata; avviene nello stroma.



## Piante a C3

A seconda del tipo di reazioni che avvengono nella seconda parte della fotosintesi si distinguono piante C3 e C4. Per le C3 il primo composto organico della fotosintesi è la gliceraldeide 3-fosfato, mentre per le piante C4 è l'acido ossalacetico (ossalacetato), a quattro atomi di carbonio.

Nelle piante C3 l'intercettazione dell'energia luminosa e la trasformazione della CO<sub>2</sub> in zuccheri avviene in uno dei tessuti fogliari detto **mesofillo** e i prodotti della fotosintesi vengono spostati in altre parti della pianta.

## Piante a C4

L'anatomia fogliare delle piante C4 è diversa: si hanno due tipi di cellule fotosintetiche, le cellule del **mesofillo** e quelle della **guaina del fascio**.

A differenza di quanto accade nelle C3, in cui la reazione iniziale avviene con il RuDP (RuBisCo – ribulosio bifosfato carbossilasi, enzima che presiede alla organizzazione del carbonio), nelle C4 la CO<sub>2</sub> reagisce con il fosfoenolpiruvato (**PEP**) nelle cellule del mesofillo.

Alcune piante di climi tropicali, come il mais, la canna da zucchero il sorgo e la gramigna fissano il carbonio anche se la concentrazione è bassa. Esse sfruttano il fatto che le **cellule del mesofillo** poste appena sotto l'epidermide sono praticamente a diretto contatto con la CO<sub>2</sub> e **non hanno bisogno di aprire gli stomi durante il giorno.**

Questa reazione è catalizzata dall'enzima PEP carbossilasi e produce acido ossalacetico – a 4 atomi di carbonio (C4) -, che è poi rapidamente trasformato negli acidi malico e aspartico nelle cellule della guaina del fascio. In queste cellule, le molecole di malico e aspartico sono degradate da enzimi con sviluppo di CO<sub>2</sub>, che viene in seguito trasformata in zuccheri utilizzando la classica via C3 .

Grazie a questo ulteriore step nella fissazione della CO<sub>2</sub>, nelle piante C4 si ottiene un aumento della resa della fotosintesi rispetto alle C3. Infatti, la degradazione degli acidi malico e aspartico nelle cellule della guaina del fascio aumenta notevolmente la concentrazione di CO<sub>2</sub> in questo tessuto, favorendo la reazione tra CO<sub>2</sub> e RuDP .

L'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> rende sfavorita la fotorespirazione, ovvero quel processo che avviene in presenza di luce e attraverso il quale la pianta demolisce le sostanze organiche (soprattutto carboidrati) con liberazione di CO<sub>2</sub>. In pratica disfa il lavoro che compie la fotosintesi senza recuperare energia dalla degradazione, però ottiene la CO<sub>2</sub> di cui la pianta ha bisogno.

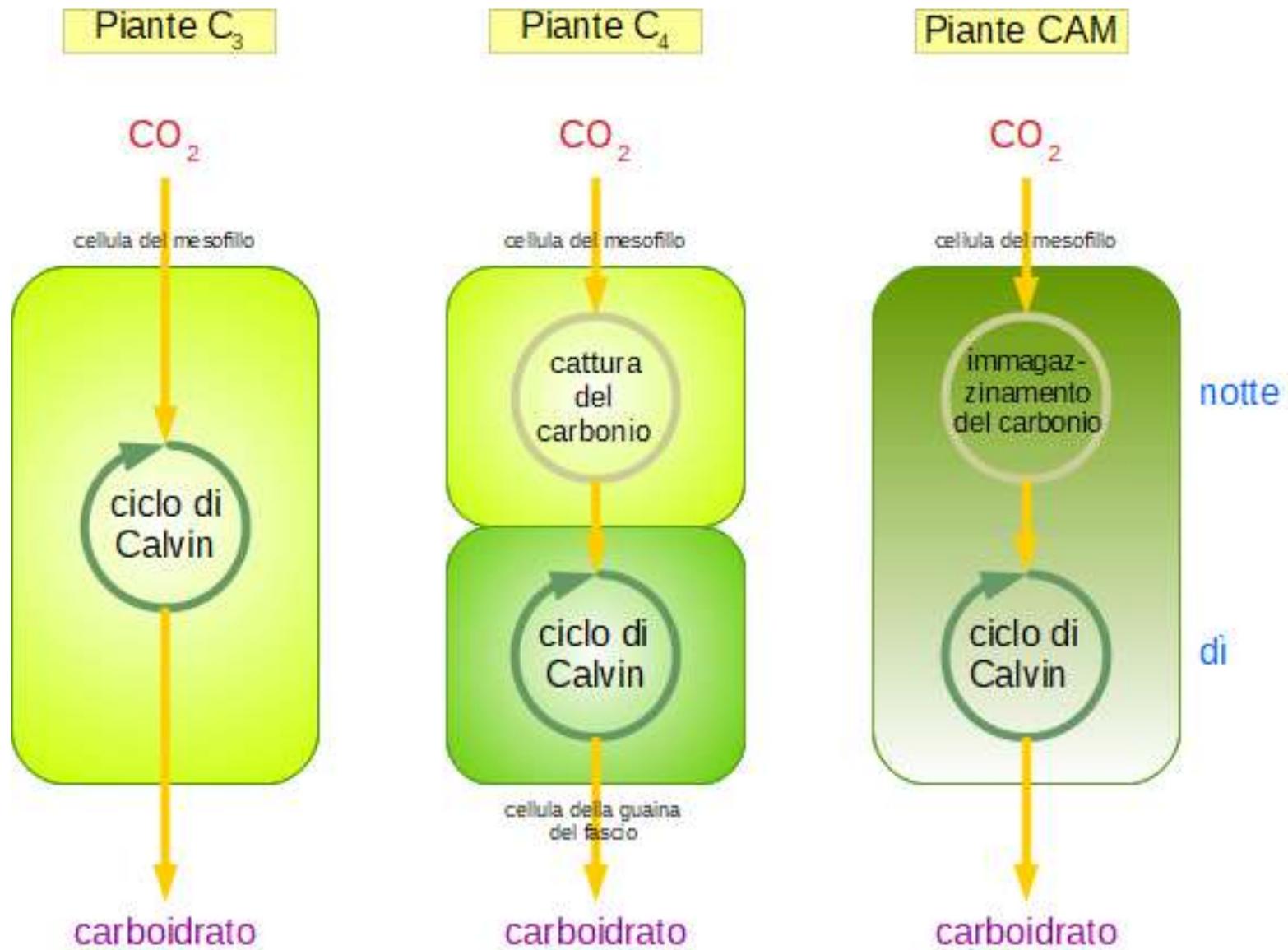
Tra i cereali, **mais, sorgo e miglio** sono piante C4, mentre **frumento, orzo, avena, segale e riso** sono piante C3.

## Piante CAM (Metabolismo Acido delle Crassulaceae)

E' il meccanismo classico delle piante grasse (famiglia crassulaceae) e dell'ananas.

Esse hanno sia la via  $C_3$  che la  $C_4$  non su cellule diverse, ma che si attivano in momenti diversi della giornata. (sono un po' come le automobili ibride!)

Infatti, durante la notte si aprono gli stomi e assumono  $CO_2$  che viene fissata in un composto a 4C, e ceduta durante il giorno al normale ciclo di Calvin quando gli stomi sono chiusi. In questo modo si ha una minore perdita di acqua e sono più competitive nei climi caldi e secchi rispetto alle  $C_3$  ma consumano 12 ATP in più, quindi più energia.



# La pianta

## Respirazione cellulare

Consiste in una serie ordinata di reazioni biochimiche che comportano la degradazione dei carboidrati formati con la fotosintesi in sostanze semplici (acqua e anidride carbonica), con liberazione dell'energia contenuta nei legami chimici e formazione di ATP (adenosintrifosfato).

- Respirazione al buio
- Respirazione alla luce (fotorespirazione)

# La pianta

## Traspirazione

E' il processo attraverso il quale le piante, che assorbono acqua attraverso le radici, perdono acqua (vapore acqueo) attraverso le aperture stomatiche delle parti aeree.

Se la traspirazione è maggiore dell'assorbimento, la pianta appassisce fino a giungere a completa morte (la pianta prima avvizzisce e poi appassisce definitivamente).

La traspirazione, promuovendo il processo di assorbimento radicale, è anche responsabile dell'assorbimento dei sali e delle sostanze nutritive da parte del vegetale.

## La pianta

### **Assorbimento radicale**

Rappresenta il processo attraverso il quale i vegetali assorbono acqua e le sostanze minerali in essa disciolti, attraverso il capillizio assorbente.

Teorie del meccanismo dell'assorbimento:

- Assorbimento passivo
- Fenomeno osmotico
- Trasporto attivo (carriers)

## La pianta

Quali sono i parametri vegetali che controllano la produttività delle colture?

Durante la prima fase della crescita, la produzione di sostanza secca prodotta dai vegetali è proporzionale all'energia luminosa che essi sono in grado di intercettare.

## La pianta

La frazione di radiazione luminosa intercettata dipende principalmente dall'area delle foglie di cui la coltura dispone e che viene espressa come “**indice fogliare**” (LAI).

**LAI (*Leaf Area Index*)** = metri quadrati di foglie che sono presenti su un metro quadrato di terreno ( $m^2 \times m^2^{-1}$ ) Si tratta quindi di un indice adimensionale e indica quanti  $m^2$  di terreno possono essere coperti da 1  $m^2$  di foglie presenti. Più è alto questo valore maggiore sarà lo sviluppo fogliare e maggiore, teoricamente, sarà la frazione luminosa intercettata e l'efficienza fotosintetica.

Il LAI dipende dalla temperatura dell'aria, dalla specie, dal portamento fogliare (a foglie erette o patenti), dalla disponibilità di azoto e di acqua nel suolo, dalla densità delle piante sul terreno e dall'insorgenza di stress e di patogenicità.

**Tutti questi fattori possono essere (in parte) gestiti attraverso la razionale tecnica agronomica.**

## La pianta

Per molte colture il LAI è pari a 4 – 5, con il quale viene intercettato più dell'80% della radiazione fotosinteticamente attiva.

E' anche importante determinare la persistenza delle foglie:

**LAD (leaf area duration)** = durata delle foglie (espressa in d= numero di giorni)

## La pianta

Bilancio della sostanza secca.

Parte dei prodotti ottenuti dalla fotosintesi sono consumati con la respirazione cellulare con la quale il vegetale trae l'energia necessaria allo svolgimento e al completamento del proprio ciclo di sviluppo (accrescimento, fioritura, fruttificazione, ecc.)

Il saldo attivo rappresenta il **CGR** (assimilazione netta) espresso come **CGR** (crop growth rate – tasso di crescita): incremento di peso secco per unità di area del suolo e unità di tempo

$$\text{Kg} * \text{m}^{-2} * \text{die}$$

di sostanza secca prodotta.

## La pianta

Non tutta la sostanza secca prodotta (s.s.) dal vegetale (biomassa) costituirà prodotto economico utile.

Il rapporto tra il prodotto economicamente utile e la s.s. totale prodotta, viene definito come indice di raccolto (HI= Harvest Index)

## La pianta

**Crescita (o accrescimento):** aumento di massa di un organismo;  
Sviluppo: modificazione a livello anatomico e fisiologico della pianta che presuppone la formazione di organi nuovi.

## La pianta

### **I limiti della produttività dei vegetali**

Le produzioni teoriche prevedibili per le colture, superiori a quelle realmente osservate, non vengono raggiunte perché esistono dei limiti alla produttività. Diversi sono i fattori che intervengono nel limitare la produttività teorica delle piante e sono riconducibili a difficoltà di intercettazione della luce solare, condizioni climatiche avverse, condizioni pedologiche non ottimali, deficienze idriche e nutrizionali, malattie, ecc.

## La pianta

Compito dell'**agronomo** è quello di conoscere, comprendere e, se possibile, eliminare tutti gli ostacoli di varia natura che impediscono l'esaltazione della produttività massima delle colture, riducendo il gap tra quest'ultima e la produzione reale dei vegetali.

Tuttavia bisogna considerare che l'effetto degli interventi agronomici sui vegetali non risulta proporzionale all'incremento di produttività ottenuto, per le ben note leggi del minimo (Liebig) e della produttività decrescente (Mitscherlich).

## DOMANDE DI CONSOLIDAMENTO DELLE CONOSCENZE

1. Illustrare i principi della produzione agraria e i fattori che la determinano
2. Descrivere i principali indici che caratterizzano la produzione vegetale
3. Indicare e chiarire i meccanismi che presiedono alla fotosintesi delle specie vegetali C3, C4 e CAM e il livello di efficienza dei tre sistemi