

LA PRODUZIONE POTENZIALE E I FATTORI LIMITANTI

Come in tutti gli ecosistemi, anche in quelli agricoli la produttività dipende dalla velocità con cui l'energia fluisce attraverso la parte biologica del sistema e con cui i materiali circolano entro ad esso e/o sono scambiati con i sistemi adiacenti. L'energia primaria è rappresentata dalla radiazione solare, mentre i materiali sono molecole molto semplici quali gli elementi nutritivi, il carbonio e l'acqua.

I materiali senza energia circolano parecchie volte da entità viventi a non viventi e possono dunque essere utilizzati più volte (si parla a tal proposito di cicli biogeochimici); all'opposto, l'energia è usata una sola volta da un organismo o da una popolazione, viene convertita in calore ed è subito perduta dall'ecosistema. Il flusso unidirezionale dell'energia negli agroecosistemi è in accordo con i principi della termodinamica: l'energia può essere trasformata da una forma all'altra (primo principio), ma ogni processo di trasformazione comporta una degradazione dell'energia da forme concentrate a forme disperse (secondo principio).

In agricoltura l'energia solare è fissata nella biomassa attraverso il processo di fotosintesi, in cui la CO₂ dell'aria è trasformata in glucosio (assimilazione lorda di CO₂); l'energia immagazzinata nel glucosio è in parte liberata per supportare il funzionamento della pianta (respirazione di mantenimento) e la conversione in parti strutturali della pianta (respirazione di crescita). La rimanente quota di glucosio, o assimilazione netta, è la base della produzione della coltura, secondo la:

ASSIMILAZIONE LORDA - RESPIRAZIONE = PRODUZIONE

In assenza di condizioni ambientali avverse, che possono limitare (eccesso o carenza di acqua o nutrienti) o ridurre (malerbe, malattie, parassiti) la crescita delle colture, si raggiunge una produzione potenziale, determinata interamente dalla quantità di radiazione disponibile, dalle condizioni di temperatura prevalenti e dalle caratteristiche della coltura. In condizioni concrete di campo, l'azione dei fattori negativi allontana il livello della produzione conseguibile dal potenziale produttivo. Compito delle tecniche colturali è di ridurre il più possibile questo differenziale. Di seguito si descrivono le fasi essenziali di questi processi.

LA PRODUZIONE PRIMARIA

ASSIMILAZIONE LORDA - RESPIRAZIONE = PRODUZIONE

radiazione disponibile * assorbimento → radiazione assorbita

radiazione assorbita * tasso assimilazione → assimilazione lorda

assimilazione lorda - respirazione → assimilazione netta

assimilazione netta → ripartizione → produzione

ASSIMILAZIONE DI CO₂

Una volta giunta al limite esterno delle coperture vegetali, la radiazione subisce gli stessi processi visti nel corso dell'attraversamento dell'atmosfera: una prima frazione viene riflessa, una parte va incontro ad estinzione per effetto dell'assorbimento operato dalla vegetazione, una parte giunge al suolo. Della PAR incidente (PAR₀), in media, un 10% viene riflesso, un altro trasmesso, il rimanente assorbito. Mentre la riflessione per foglie verdi non varia molto, la trasmissione può variare fra 0% per foglie spesse al 40% per

foglie sottili. Se in una copertura vegetale sono presenti più strati di foglie, la radiazione trasmessa dal primo strato diviene quella utile per il secondo e così via.

ESTINZIONE DELLA RADIAZIONE ALL'INTERNO DELLA COLTURA

Per effetto dell'albedo, la PAR che entra in un manto vegetale (PAR₀) è una frazione della PAR incidente (PAR_i) secondo la:

$$PAR_0 = PAR_i \cdot (1 - ALBEDO)$$

La superficie fogliare per unità di superficie di terreno (LAI, leaf area index) e la posizione delle foglie all'interno del manto vegetale determinano il modo in cui la radiazione è intercettata e convertita in carboidrati.

Sulla base della disponibilità di radiazione e della sua intercettazione, si può calcolare il tasso di assimilazione istantaneo, che, integrato sul tempo, fornisce l'assimilazione stagionale.

Le foglie delle piante C₃ raggiungono la saturazione per la luce, a valori relativamente bassi di PAR ($250 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), per cui livelli radiativi più elevati raramente aumentano il tasso di assimilazione. Tuttavia, in condizioni di campo, la radiazione è distribuita molto casualmente, per cui è difficile che si realizzino condizioni di sovra saturazione per le foglie.

A parità di altri fattori, la radiazione assorbita dalla vegetazione segue la stessa legge di estinzione vista a proposito dell'attraversamento dell'atmosfera. Si può dunque scrivere:

$$PAR_a = PAR_0 \cdot (1 - e^{-km})$$

In questo caso, il coefficiente di estinzione dipende dalle caratteristiche del manto vegetale (sesto di impianto, struttura della vegetazione, portamento e proprietà ottiche delle foglie ecc.), lo strato attraversato è costituito dal LAI, il quale dipende da numerosi fattori: tipo ed età della pianta (figura 6.3), condizioni ambientali e di coltivazione, effetti di competizione, stato fitosanitario. In linea generale, l'estinzione è superiore in coperture vegetali caratterizzate da foglie a portamento planofilo (angolo di inserzione delle foglie sul culmo vicino ai 90°, $k = 0.7-0.8$), con elevato valore del LAI (7-10). Nelle piante con angolo di inserzione sul culmo piuttosto acuto, dette erettofile, il valore di k si aggira intorno a 0.3-0.4. Il ruolo del portamento delle foglie nella trasmissione della radiazione all'interno del manto vegetale è esemplificato in figura 6.4. Sia dato lo stesso flusso radiativo incidente sopra due coperture vegetali: dopo aver attraversato un LAI pari a 2, in una coltura a portamento perfettamente planofilo ($k = 1$) è ancora disponibile poco più del 10% del valore iniziale, in una tendenzialmente erettofila la quantità di energia radiante non ancora estinta è circa tripla. Ciò significa che, nella seconda, i palchi fogliari della parte mediana e basale della pianta ricevono maggiori quantità di luce e possono contribuire più efficacemente alla produzione di sostanza secca. Da osservare anche che, dopo un LAI pari a 5, la disponibilità radiativa è nulla ($k = 1$) o comunque molto bassa ($k = 0.5$). In queste condizioni, l'ombreggiamento è tale da ostacolare o impedire del tutto l'emergenza di piante infestanti.

La quota di radiazione assorbita viene utilizzata nel processo di fotosintesi in seguito al quale si ha la produzione di biomassa vegetale e di prodotto agrario utile (pau).

Questo processo è legato a fattori ambientali e colturali. I primi sono la disponibilità energetica e la temperatura che regolano il tasso di assimilazione e il tasso di respirazione: la differenza fra i due processi dà luogo al tasso di crescita, ovvero all'incremento di peso secco della pianta nell'unità di tempo. Temperatura e fotoperiodo condizionano anche il tasso di sviluppo e il periodo utile per la crescita. Il tasso di sviluppo

rappresenta la velocità con cui avviene lo sviluppo complessivo della pianta, intendendo con questo termine la continuo mutare della forma e delle funzioni della pianta, che si realizza attraverso la produzione di nuove cellule, strutture e attività: non solo quindi l'accumulo di sostanza secca (crescita), ma anche la differenziazione di organi, il loro accrescimento differenziale, la loro maturazione, l'attivazione di funzioni biologiche e così via.

Per meglio chiarire la differenza fra sviluppo e crescita si danno alcuni esempi. La formazione di una foglia si realizza dapprima con la produzione di nuove cellule (sviluppo) e successivamente con la loro distensione (crescita). A livello di pianta intera è più difficile che vi sia crescita senza sviluppo, ma si può avere crescita accompagnata da sviluppo incompleto: la soia innesca il processo riproduttivo quando la durata del giorno inizia a decrescere. Se coltivata ad esempio in serra con illuminazione artificiale, essa continua la crescita (accumula sostanza secca), ma ha solo sviluppo vegetativo con formazione di nuove foglie, senza induzione a fiore. In pieno campo, disturbi all'induzione fiorale di questa leguminosa si sono avuti nell'area dei raccordi autostradali di Mestre (bretella verso l'aeroporto di Tessera, bretella con l'autostrada per Treviso), a causa dell'illuminazione notturna. Fra le piante orticole, esistono cv. di cipolla a ciclo estivo e a ciclo invernale. Le prime formano il bulbo solo in presenza di fotoperiodo crescente e, seminate a fine estate, produrrebbero solo foglie. Lo stesso avviene per le cv. invernali seminate a primavera.

Tornando al percorso che porta alla produttività potenziale, il periodo utile per la crescita è rappresentato dal numero di giorni consecutivi in cui vi sono condizioni favorevoli sia all'accumulo di sostanza secca, sia alla crescita. La produzione stagionale di biomassa sarà dunque data dal prodotto del tasso giornaliero di crescita per il numero di giorni utili per la crescita. Siccome per ogni specie, tenuta in condizioni ottimali di coltivazione, il rapporto fra prodotto agrario utile e biomassa totale (espressi entrambi in sostanza secca), definito come indice di raccolta, è pressoché costante, si può valutare, in ultima analisi, la resa ottenibile in termini di prodotto agrario utile (pau). I fattori colturali che determinano la diversa produttività delle piante sono l'architettura del manto vegetale (canopy), che condiziona l'intercettazione della radiazione, la fisiologia (es. piante a diverso ciclo fotosintetico, C3 o C4, con diversi tassi di respirazione etc.), la risposta al fotoperiodo e la fenologia, che condizionano il tasso di sviluppo e limitano la durata del periodo utile per la crescita, l'indice di raccolta.

Come prima approssimazione, il tasso di assimilazione giornaliera A di CO_2 di una coltura ben rifornita di nutrienti e di acqua può essere assunto come funzione lineare della radiazione intercettata secondo la

$$A = \text{PAR}_a * E_a,$$

dove E_a è l'efficienza di assimilazione, espressa in $\text{mg di CO}_2 \text{ J}^{-1}$.

Valori di riferimento di E_a sono pari a 7 e 9 $\text{g di CO}_2 \text{ J}^{-1}$ di PAR per piante a ciclo C3 e C4.

RESPIRAZIONE

Una parte degli zuccheri prodotti viene persa per respirazione, rilasciando energia libera in ATP. In tutte le piante, C3 e C4, la respirazione consente i processi di mantenimento e crescita, che sono i fattori chiave della produzione vegetale: tale respirazione viene definita come "respirazione buia", in quanto si verifica anche in assenza di luce. Nelle C3 si verifica anche la cosiddetta fotorespirazione, la quale non contribuisce alla produzione e può essere considerata dunque come un fattore di inefficienza, che si riflette in un valore più basso di E_a .

I costi di mantenimento possono assorbire quote importanti dell'assimilazione di CO₂ durante l'intera stagione, per cui la loro quantificazione è indispensabile per valutare la produttività. Tale operazione è però difficile, in quanto gli stessi processi di respirazione di mantenimento non sono perfettamente conosciuti. I costi di mantenimento variano in ragione del tipo di sostanza secca prodotta dalla pianta e possono essere espressi in modo accettabile attraverso il coefficiente di mantenimento (CM): quantità di glucosio impegnata giornalmente nel mantenimento di piante erbacee con differente composizione della sostanza secca.

I prodotti primari che non sono necessari per la crescita possono essere convertiti in materiali strutturali della pianta (prodotti finali), quali cellulosa, lignina, proteine, acidi organici e grassi. La crescita può essere vista come la trasformazione del glucosio in tali composti, che nel complesso costituiscono la sostanza secca della pianta. La crescita, e i costi di respirazione ad essa associati, dipendono da: assorbimento di N e di nutrienti dal terreno; trasporto degli assimilati; sintesi dei prodotti finali.

L'entità della respirazione di crescita è determinata dalla composizione del prodotto finale. Anche se il processo è più veloce alle alte temperature, il suo costo energetico rimane pressochè costante. Esso è più frequentemente espresso dal suo reciproco, ovvero dal fattore di conversione (FC), o efficienza di conversione: g prodotto g⁻¹ glucosio. Il fattore di conversione varia col tipo di sostanza, ma per sostanze dello stesso gruppo è abbastanza simile fra le diverse specie.

PRODUZIONE

Il tasso di crescita è dato dalla differenza fra il tasso di assimilazione lorda e il tasso di respirazione. Anche in presenza di condizioni climatiche favorevoli, le piante non possono continuare indefinitamente il processo di crescita, perchè esso è dettato dallo stadio di sviluppo. Questo rappresenta l'ordine della comparsa e della senescenza dei vari organi della pianta e pertanto determina la lunghezza del periodo disponibile per la crescita. Il tasso di crescita, integrato sul periodo di crescita, origina la produzione, espressa come accumulo di sostanza secca della pianta intera. La successiva ripartizione della sostanza secca determina il peso del prodotto raccolto, o prodotto agrario utile (pau), ovvero il prodotto di interesse economico.

TASSO DI ASSIMILAZIONE

Il tasso di assimilazione (A) di CO₂ può essere espresso anche come tasso di assimilazione di carboidrati, moltiplicando A per 0.68 (conversione sulla base dei pesi molecolari della CO₂ e del glucosio). Ricordato che ogni giorno una quota del glucosio sintetizzato è usata per la respirazione di mantenimento, corrispondente circa all'1.5% del peso della pianta (W), la quantità di zuccheri utilizzabili per la crescita è data da: (0.68 * A - 0.015W). Di questi, il 30% circa viene perso nella respirazione di crescita, per cui l'accumulo di sostanza secca nell'unità di tempo è dato da:

$$E_a = \frac{A}{PAR_a} = 0,70 \mu\text{g CO}_2 \text{ J}^{-1} \text{ di PAR } (0.68 A - 0.015 W) \text{ (g sostanza secca, g CO}_2^{-1} \text{ assimilata giorno}^{-1}) \text{ per le C3}$$

$$E_a = \frac{A}{PAR_a} = 0,90 \mu\text{g CO}_2 \text{ J}^{-1} \text{ di PAR } (0.68 A - 0.015 W) \text{ (g sostanza secca, g CO}_2^{-1} \text{ assimilata giorno}^{-1}) \text{ per le C4}$$

$$A_c \text{ (carboidrati)} = a * 0,68$$

Risolvendo questa espressione per l'unità di tempo, dopo semplici passaggi, si ottiene:

$W = 0.47A$ (g sostanza secca g CO₂-1 assimilata). Tale espressione è di pratica utilità per stimare la produttività potenziale di piante, come i cereali, per le quali il fattore di conversione del glucosio in sostanza secca è intorno a 0.7 e il coefficiente di mantenimento è dell'1.5% rispetto al peso della pianta.

Poichè, come visto, i valori di FC e di CM variano in ragione del tipo di pianta e di sostanze prevalentemente assimilate, una espressione più generale è:

$$\Delta W/\Delta t = FC * (0.68 A - CM*W).$$

FC = fattore di conversione (kg prodotto kg glucosio⁻¹)

CM = coefficiente di mantenimento (kg glucosio kg s. s.⁻¹)

Il rapporto $\Delta W/\Delta t$ rappresenta il tasso di crescita ed è espresso in $kg\ ha^{-1}\ d^{-1}$.

In una coltura ben rifornita di acqua e nutrienti e libera di malerbe e malattie il tasso di crescita è determinato dalla radiazione incidente, dalla temperatura ambientale e dalle caratteristiche della pianta ed è definito tasso di crescita potenziale.

PERIODO DI CRESCITA E PRODUZIONE DI BIOMASSA

Il periodo di crescita rappresenta la lunghezza del periodo in cui le condizioni ambientali, combinate con le caratteristiche genetiche di una pianta, sono favorevoli alla crescita. Il periodo di coltivazione si colloca in siti e stagioni con temperature che rientrano all'interno dei "cardinali termici", tipici di ogni specie, entro i quali, generalmente, la crescita è stimolata dai valori più alti di temperatura, che conducono a periodi di crescita più brevi. Il periodo di crescita può essere notevolmente ridotto da fattori ambientali diversi da temperatura e luce, quali ad esempio carenze di pioggia, nonché da elementi di gestione delle colture (es. epoca di semina e/o di raccolta). Per una data coltura si definisce produttività potenziale la quantità totale di biomassa prodotta in base alla disponibilità di energia radiante avuta nel corso della stagione vegetativa, quando non vi siano limitazioni dovute alla tecnologia. In teoria, tale livello produttivo è ottenuto, per una data specie, quando le migliori cultivars, tecniche colturali, macchine operatrici, forze lavoro, incluso il fattore conoscenza, sono disponibili ed utilizzate. Per ottenere una prima e grossolana stima della produttività potenziale, si può moltiplicare il periodo di crescita (d) per il tasso medio di crescita giornaliera (kg ha⁻¹d⁻¹) durante lo stesso periodo. A seconda delle latitudini si hanno variazioni sulla produttività potenziale. Si può osservare che la produttività potenziale delle piante a ciclo C4 è doppia di quelle a ciclo C3 nella fascia intertropicale e che tale differenza si riduce drasticamente alle nostre latitudini; a latitudini maggiori, tipiche del centro e nord Europa, la produttività delle C3 diviene poi superiore a quella delle C4. Tuttavia, sia il tasso che il periodo di crescita possono variare notevolmente per una stessa coltura, essendo legati, come visto, a numerosi fattori ambientali, per cui, una stima più accurata della produzione potenziale può essere ottenuta con una integrazione numerica di incrementi di crescita realizzati ad una scala temporale più corta (1 giorno, 1 settimana, 1 mese).

RIPARTIZIONE DELLA BIOMASSA E PRODOTTO AGRARIO

Nel corso del periodo di crescita, una coltura non produce solamente nuova biomassa, ma attraversa fasi fenologiche successive che governano la ripartizione della biomassa nei diversi organi. Considerando quest'ultima, una prima distinzione può essere fatta fra organi ipogei ed epigei; la sostanza secca può poi essere distinta fra prodotto agrario utile (pau) e residui. Il rapporto fra pau e sostanza secca totale è chiamato indice di raccolta (HI); spesso esso è calcolato rapportando la pau sulla sostanza secca della parte aerea (tabella 6.5), per le notevoli difficoltà che si incontrano nel misurare la biomassa accumulata nelle radici delle piante. Una ripartizione più raffinata della biomassa può infine tenere in considerazione le quantità accumulate nei vari organi; così, limitandosi alla sola parte aerea, si possono individuare le seguenti scomposizioni:

- parte vegetativa: foglie, piccioli, culmi (piante erbacee), fusto, branche di vario ordine (piante arboree);
- parte riproduttiva (a fine ciclo): organi di accumulo (spesso i frutti, che rappresentano nella maggior parte dei casi la pau), tegumenti, brattee e infiorescenze a seconda dei casi; a loro volta, i frutti, specialmente in orticoltura e frutticoltura, possono essere distinti in commerciabili e non commerciabili (scarto) e questi ultimi ulteriormente suddivisi in immaturi, sotto pezzatura, malformati, con rotture, con malattie o fisiopatie etc.

La biomassa delle piante può essere espressa in sostanza fresca o secca e quest'ultimo parametro è senz'altro preferibile. La ripartizione della biomassa nei vari organi è un processo dinamico, che, per una coltura erbacea, si articola generalmente nelle seguenti fasi (figura 6.7): un primo periodo in cui prevale lo sviluppo dell'apparato radicale su quello della parte aerea (periodo di attecchimento-affrancamento); una fase di intenso accrescimento vegetativo, in cui la gran parte degli assimilati viene impiegata per formare nuovi tessuti assimilanti (accrescimento vegetativo); la stagione riproduttiva, in cui parte degli assimilati è destinata alla formazione dei fiori, e, dopo l'allegagione, dei frutticini, ma durante la quale predomina ancora la parte vegetativa epigea (fioritura-allegagione); la maturazione, in cui prevale la traslocazione degli assimilati verso gli organi di riserva, che acquisiscono gradualmente un peso relativo crescente rispetto al peso totale della pianta.

FATTORI LIMITANTI LA PRODUZIONE E LA RESA EFFETTIVA

Qualsiasi fattore che tenda a ridurre la crescita potenziale di un ecosistema è detto fattore limitante. In accordo alla legge di Liebig (1840), nota anche come legge del minimo, la velocità di crescita, e dunque la produttività, dipende dall'elemento biogeno che è presente in quantità minima rispetto alla richiesta e alla disponibilità. Se estendiamo tale concetto includendo anche l'effetto del massimo (ovvero: anche l'eccesso di disponibilità di un fattore può originare limitazione), e consideriamo che i fattori interagiscono, si può dire che il successo di una popolazione, e dunque di una coltura agraria, dipende da un complesso di condizioni: qualsiasi condizione si avvicini o superi il limite di tolleranza dell'organismo o del gruppo in questione può essere considerata un fattore limitante.

In agricoltura, si può distinguere l'azione di fattori che limitano l'intensità del processo produttivo o che riducono il livello della resa conseguibile (figura 6.8).

I primi sono essenzialmente di tipo ambientale, e si verificano quando le condizioni climatiche e nutrizionali non sono idonee allo svolgimento delle funzioni biologiche di una coltura ai livelli ottimali.

Fra i fattori di stress climatici vanno ricordati:

- gelate tardive o precoci che danneggiano la pianta fino anche a provocarne la morte;
- abbassamenti o innalzamenti della temperatura rispetto ai valori che consentono la massima intensità di crescita;
- carenze di acqua, alle quali la pianta reagisce con meccanismi conservativi che rallentano la crescita e riducono la produzione (foto 6.1). Se le carenze però sono intense e prolungate si può giungere alla morte della pianta e alla perdita totale della produzione;
- eccessi idrici, dovuti a periodi prolungati di pioggia e conseguente difficoltà di smaltimento dell'acqua in eccesso, che portano a ristagni, asfissie radicali, rallentamento dello sviluppo delle piante, maggiori suscettibilità a malattie;
- disturbi portati da venti intensi che interagiscono negativamente con il processo produttivo in vari modi: interferenza nell'impollinazione, allettamenti, rotture, danneggiamento o distacco dei frutti e così via; gli effetti di tali disturbi sono accentuati quando i venti sono particolarmente caldi o freddi.

Fra le condizioni nutrizionali sfavorevoli al processo produttivo si ricordano, innanzitutto, la carenza di azoto, fosforo e potassio, di elementi secondari della fertilità, una reazione del terreno non adatta alla pianta, la presenza di elementi tossici nel terreno. L'azione di questi fattori limitanti può essere contenuta ma non completamente annullata, per cui il livello di resa conseguibile è inferiore al valore potenziale e si parla di produzione ottenibile. Essa corrisponde al più alto valore di resa che può essere realizzato tramite un intelligente uso delle migliori tecnologie disponibili. Misure di resa ottenibile possono essere rappresentate dalle rese massime raggiunte nelle stazioni sperimentali o dagli agricoltori più capaci. In condizioni di campo, poi, una serie di fattori di natura biologica (malerbe, malattie) o "artificiale" (inquinanti) porta ad un ulteriore abbassamento della quantità di raccolto che può essere realizzato: si parla così di produzione effettiva. Concretamente, essa corrisponde alla quantità di prodotto ottenuto nelle condizioni generali di clima e terreno di un certo territorio, da agricoltori di capacità medie e dall'impiego di normali tecnologie. Se, infine, le conoscenze e le capacità degli agricoltori sono scadenti, vi è una scarsa disponibilità di fattori produttivi, le tecnologie sono obsolete o modeste, anche il territorio potenzialmente più fertile fornirà livelli produttivi estremamente bassi ed effimeri.

In questo percorso di allontanamento dalla produzione potenziale trova giustificazione la necessità di controllare i fattori limitanti e di riduzione della resa, ovvero di controllare il processo di produzione vegetale agraria. Tutto questo comporta l'immissione di altra energia nel sistema produttivo, l'energia ausiliaria.

IN SINTESI

RADIAZIONE DISPONIBILE (PAR0)

$$PAR_i = 0.45 R_g$$

$$PAR_0 = PAR_i (1 - \alpha)$$

ASSORBIMENTO RADIAZIONE (PARa)

$$PAR_a = PAR_0 (1 - e^{-km})$$

$$k = 0.7-0.8 \text{ piante planofile}$$

$$k = 0.3-0.4 \text{ piante erettofile}$$

$$LAI = f(\text{pianta, età})$$

ASSIMILAZIONE GIORNALEIRA LORDA (A)

$$A = PAR_a * E_a$$

$$E_a = \text{efficienza di assimilazione} = 7 \mu\text{g } CO_2 J^{-1} \text{ di PAR per C3}$$

$$E_a = \text{efficienza di assimilazione} = 9 \mu\text{g } CO_2 J^{-1} \text{ di PAR per C4}$$

$$Ac \text{ (carboidrati)} = a * 0.68$$

RESPIRAZIONE

buia (C3, C4)	mantenimento (1.5% W) W = peso
	crescita (30% Ac)

fotorespirazione (C3) → inefficienza

TASSO DI ASSIMILAZIONE POTENZIALE ($\Delta W/\Delta t$)

$$\Delta W/\Delta t = FC * (0.68A - CM * W)$$

$$FC = \text{fattore di conversione (kg prodotto kg glucosio}^{-1} \text{)}$$

$$CM = \text{coefficiente di mantenimento (kg glucosio kg s. s.}^{-1} \text{)}$$