

AGRONOMIA

Agronomia

È la scienza della coltivazione delle piante; significa che il terreno produce qualcosa di interessante per l'uomo. L'uomo quando si ferma su un territorio inizia a modificarlo facendo pressione su esso: semina piante con seme conservabile, energetico e trasportabile. Uomo da coltivatore diventa agricoltore; deve coltivare il terreno introducendo man mano la tecnologia. L'agricoltura è quindi l'attività umana che ha lo scopo di produrre sostanze organiche utili per mezzo di piante, usando come energia la radiazione solare (fotosintesi) per raggiungere la massima produzione (composti chimici costituiscono la biomassa vegetale, usata da animali attraverso la respirazione). L'agronomia studia l'ambiente esterno, il clima, la scienza del suolo, ecologia, pedologia. Si parla di agro-ecosistema, quando c'è l'uomo con le sue scelte. L'agronomia non coincide con l'agricoltura, ma è un complesso di leggi che regolano la conduzione dei campi per ottenere la massima produzione; studia l'influenza esercitata dall'uomo su fattori fisici, chimici e biologici e il rapporto tra ambienti e produzione vegetale e i mezzi idonei a migliorare la produzione agricola, ovvero analizza l'agro-sistema.

L'agricoltura è un sistema di trasformazione dell'energia solare: nelle piante il C ossidato diventa ridotto, che è necessario per fare energia. La pianta dal terreno prende acqua e nutrienti, dall'ambiente esterno prende C e tutto questo viene trasformato in energia.

NB: l'azoto che la pianta assorbe (tranne leguminose) non è di origine pedologica, ma di origine organica. È la base della fertilità. La pianta lo assorbe come NO_3 , molto volatile.

Studio del terreno è molto importante per capire i supporti operativi sui quali facciamo coltivazione (=terreno agrario, creatosi per pedogenesi -fattori pedogenetici=clima, campo, acqua, gelo, insetti, microrganismi, uomo).

La produzione vegetale è data da unione di fotosintesi, respirazione, traspirazione, assorbimento acqua e nutrienti; sono importanti, quindi, il terreno agrario o suolo, che ospita i vegetali, l'atmosfera, fonte di scambi gassosi, la pianta e il suo miglioramento genetico, la tecnica colturale. I *fattori produttivi* possono essere: -fattori governabili→agricoltura biologica senza strumenti di sintesi chimica (mentre convenzionale usa questi ultimi);

-fattori parzialmente governabili→terreno e clima nelle serre o irrigazione;

-fattori non governabili→clima in generale.

Varietà o ecotipo=varietà specie derivata dall'intervento dell'uomo, ecotipo specie senza intervento dell'uomo. Negli ibridi uomo+ambiente fanno la varietà.

Piante: hanno esigenze radiative, termiche, idriche e nutrizionali. La chioma necessita luce, condizioni termiche favorevoli ai processi biochimici e condizioni meteorologiche favorevoli alla traspirazione; le radici necessitano di acqua, aria, matrice per l'ancoraggio, condizioni termiche favorevoli ai processi biochimici.

Prodotti vegetali principali per alimentazione animale: *-foraggi*→parti di pianta, distinti dalle granelle, adatte per alimentazione erbivori. Graminacee hanno un alto contenuto di carboidrati, molto energetiche, N_2 1% sostanza secca; leguminose=basso contenuto carboidrati, ricche di proteine, N_2 3% sostanza secca. *Piante importanti per l'alimentazione:* granelle di cereali 80% carboidrati, 10% proteine; granelle di soia 40% proteine, 20% lipidi. Alimenti presentano più del 60% di mais, orzo e frumento, più del 90% di soia.

I foraggi possono essere mangiati direttamente o conservati.

Coltivazioni erbacee=coltivazioni di colture. Il mais oggi è diventato la razione alimentare dei bovini.

Monocotiledoni=una sola foglia, seme piccolo. *Dicotiledoni*=due foglie, seme ricco di proteine.

Colture agrarie hanno unità di superficie di terreno: m^2 o ettaro (ha); 1ha=10000 m^2 .

Produzione vegetale definita da CO_2 , temperatura, radiazione solare, caratteristiche colturali; fattori che limitano: acqua, nutrienti, N_2 , fosforo; fattori che riducono: erbe infestanti, insetti, funghi.

Harvest index: rapporto biomassa utile/biomassa totale e fa capire il rendimento nel tempo delle colture; possiamo capire quanto producevano le piante nel passato e anche oggi. HI può variare in funzione del tipo di uso della coltura. Es HI mais da granello=50%; mais da insilato HI=100%.

Uomo ha modificato le piante: es rapporto spiga-pianta è variato molto, incrementando capacità della pianta; angolo espansione delle foglie è cambiato=drutto quindi efficacia alta per rendimento energetico della pianta; altezza cambia per frumento.

Macchina agricola ha aumentato lo spessore del terreno interessato.

Ecosistema

È un'unità spaziale con interferenza chimica e biochimica di tutti gli individui, in cui i più forti vanno avanti. Ce ne sono diversi tipi a seconda dell'ambiente analizzato e delle sue interferenze, quelli naturali presentano centinaia di specie; essi si automantengono, non c'è interferenza dell'uomo. L'ecosistema naturale più produttivo è la foresta tropicale; quelli meno produttivi sono i deserti e la tundra. Agro-ecosistema quando l'uomo interferisce con le sue scelte nell'ecosistema; produzione dipende da: -stabilità→costanza e affidabilità del livello produttivo di un sistema agricolo;

-sostenibilità ambientale→capacità di mantenere invariate le capacità produttive nel lungo periodo sotto l'azione di forze che lo disturbano;

-produttività→dipende da caratteristiche climatiche, del suolo, dalle tecniche agronomiche usate.

Agro-ecosistemi occupano circa il 10% della superficie delle terre emerse. Quelli intensivi sono spesso basati su coltivazioni di una sola specie.

Ecosistema: -controllo dato dalla competizione tra individui (i più forti garantiscono il miglioramento della specie nel tempo);

-flusso energetico=sole;

-diversità molto ampia per la varietà di specie;

-residui=tutto rimane nell'ecosistema;

-ciclo dei nutrienti chiuso→nutrienti tornano dagli animali alle piante e vengono continuamente riutilizzati; flussi di N e P sono in equilibrio;

-sostanza organica aumenta lentamente;

Agroecosistema: -controllo dato dall'uomo;

-flusso energetico=sole;

-energia fossile;

-poca diversità (si può avere anche solo una specie);

-residui escono dal sistema;

-ciclo dei nutrienti aperto (arrivano anche da agricoltura)→reintegro al sistema attraverso la fertilizzazione, che se non è sufficiente porta un rapido decadimento;

-sostanza organica lentamente diminuisce e quindi deve essere controllato.

Climax=equilibrio dinamico degli ecosistemi.

NB: produzione agricola=risposta della pianta al clima e al territorio in cui si trova.

Carrying capacity=indice di efficienza dell'agricoltura; n° persone/animali che possono essere alimentati con la produzione primaria di una superficie di terreno; è la capacità per ambiente di sostenere un certo n di individui.

Clima

È insieme dei fenomeni meteorici che caratterizzano lo stato medio dell'atmosfera e le sue variazioni in una determinata area o regione. Macroclima=se area molto vasta; clima locale=per una località; microclima=ambiente delimitato, es serra. Clima importante per un concetto di abitabilità e per nutrizione da parte dell'atmosfera (luce, calore, ossigeno, CO₂).

99% dei gas che compongono l'atmosfera sono principalmente N₂ e O₂, ma non hanno alcun effetto sul clima; componente variabile è molto importante per gli effetti sul clima, è presente in quantità limitata, ma le componenti hanno un peso fondamentale e sono vapore acqueo (costituisce umidità relativa dell'aria, che è fondamentale per sistema climatico), CO₂, ozono, metano.

Fattori che influenzano l'abitabilità del clima: temperatura dell'aria, umidità dell'aria, luce, precipitazioni (massa d'aria, satura di umidità, è interessata da abbassamento di t, che provoca pioggia, grandine o neve), venti (causano danni per allettamento colture, incrementa evapotraspirazione, accelera processi di maturazione del seme, trasporta semi di erbe infestate, ma è importante per impollinazione delle piante anemofile), pressione atmosferica. L'umidità relativa dell'aria è la quantità di vapore acqueo presente in atmosfera/quantità max che potrebbe esserci. Umidità rel+vento=impatto su traspirazione. Piovosità=quantità di pioggia registrata in ogni singolo evento di precipitazione nel corso dell'anno, espressa in mm; regioni aride <250mm all'anno, regioni subaride 250-500mm, regioni subumide 500-750mm, regioni umide >750mm. Pioggia utile=acqua usata trattenuta dal terreno nello strato interessato dalle radici.

Climodiagramma: è rappresentazione climatica delle principali variabili climatiche di un ambiente; influenza del clima sulle possibilità di coltura; può presentare in ascissa i mesi e in ordinata due assi costituiti da t in °C e piovosità in mm. Fattore ambientale esterno influisce su

respirazione, traspirazione e fotosintesi. La limitazione idrica è un problema e l'irrigazione è importante e prevista nelle aree con precipitazioni totali annue inferiori al 60%.

In Italia ci sono diverse regioni: -degli agrumi→al sud;

-dell'olivo→zone costiere, collinari appenniniche con freddi intensi;

-della vite→t media annuale piuttosto bassa;

-dei cereali→inverno lungo e primavera piovosa;

-dei pascoli e praterie→medie/elevate altitudini;

-delle foreste→larghi spazi, altitudini medie/elevate.

È importante conoscere il clima per individuare le specie più adatte a un determinato ambiente, stabilire il periodo di semina, predisporre eventuali interventi irrigui, impostare una difesa fitosanitaria.

Radiazione solare

Funzioni: -fotosintesi→ $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luce} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$ (686kcal/mol usate come reagenti)

-Evapotraspirazione→apporto energetico per la traspirazione della pianta e l'evaporazione di acqua dal suolo

-riscaldamento→ambiente complessivo (aria, pianta, suolo)

Fotosintesi: -energia luminosa è inesauribile, rinnovabile, gratuita, distribuita sul pianeta, pulita; rapporto energia/superficie è a bassa intensità, c'è discontinuità temporale, non è trasportabile né conservabile (solo in minima quantità), è difficilmente utilizzabile (solo piante tramite clorofilla).

-en. luminosa può diventare chimica→produce scorie, è costosa ed esauribile; alta intensità, è trasportabile, conservabile, è facilmente utilizzabile da animali e motori.

Risorsa: radiazione solare è una risorsa, è il principale flusso di energia che il nostro pianeta riceve, è la forza motrice del processo di produzione agricola e la sola energia che le piante usano nell'attività metabolica. Questa energia è definita dalla costante solare = $1,94\text{cal cm}^2$ al minuto. Meno del 25% delle radiazioni giungono sulla Terra. Le radiazioni sono coinvolte in moltissimi processi e il risultato è in funzione di: lunghezza d'onda della radiazione (distanza tra due creste successive di onde); dimensione e natura della materia che le radiazioni incontrano durante il percorso. Inoltre le particelle gassose interferiscono con le radiazioni, diffondendole in tutte le direzioni; comunque i gas dell'atmosfera sono corpi assorbenti selettivi.

L'energia solare diretta è poco efficace per il riscaldamento dell'atmosfera terrestre, ma quest'ultimo avviene conseguentemente all'irraggiamento della superficie, che restituisce l'energia della radiazione solare da essa assorbita.

La radiazione è ridotta o trasformata anche in base a: stagioni, ore giornaliere di luce, giacitura, latitudine, altitudine; quindi le calorie che arrivano sulla Terra sono variabili da $1,4$ a $1,6\text{cal cm}^2$ al min.

Caratteristiche della radiazione: -intensità di flusso

-composizione spettrale

-radiazione fotosinteticamente attiva (luce visibile)

-illuminazione

Raggi ultravioletti sono circa il 2% del totale; sono raggi non visibili, ma sono schermati dall'ozono della stratosfera, hanno effetti negativi per la vita.

Infrarossi riscaldano l'ambiente, importante per la pianta. Sono invisibili, non sono assorbiti da gas atmosferici, si trasformano in calore al contatto con la materia. Sono circa il 50%.

Raggi visibili fanno crescere la pianta, le fanno svolgere la sua attività fotosintetica. È il 50% dei raggi, con banda (lunghezza d'onda assorbita da pigmenti clorofilliani) da 400 a 700nm dal violetto al rosso; non tutti i raggi hanno la stessa efficienza fotosintetica (i più efficienti sono dai 650 in sù).

La radiazione solare è diretta e diffusa (40% del globale). Arriva molta energia, ma le piante ne usano il 2-3%; cambiare angolo di incidenza delle foglie farebbe aumentare l'assorbimento dell'energia, es mais è stato modificato e ha le foglie dritte (è cambiato l'angolo di incidenza del fotone sulla foglia).

Albedo: radiazioni che colpiscono l'atmosfera e sono riflesse nello spazio non vengono usate a fini fotosintetici. È un coefficiente di riflessione che un ostacolo esercita verso la luce; per la Terra è circa del 30%. Albedo terreno scuro 10% (si riscalda prima in primavera, quindi posso anticipare le semine); albedo deserto 30%.

Bilancio della Terra: è pari: positivo durante il giorno, negativo di notte. Le diverse parti della Terra hanno bilanci differenti, dovuti a differenze di temperatura, circolazione di masse d'aria ed

effetti sulla meteorologia. Senza atmosfera il suolo rimetterebbe più radiazione di quanto ne avrebbe assorbita durante il giorno.

Peculiarità delle radiazioni: -la radiazione solare deve essere assorbita all'istante dalle foglie oppure viene persa → radiazione che arriva alle foglie può essere assorbita, trasmessa o riflessa. La parte assorbita può elevare la t della foglia ed essere nuovamente irradiata o dissipata tramite traspirazione. Una piccola quota raggiunge i cloroplasti e fornisce l'energia necessaria per la fotosintesi.

-l'energia fissata con la fotosintesi passa una sola volta nella catena alimentare, ma atomo di C, N e H_2O possono essere riciclati infinite volte attraverso le generazioni di viventi.

-la radiazione solare è costituita da uno spettro di lunghezza d'onda, delle quali solo una parte (50%) può essere usata per la fotosintesi, chiamata PAR.

-è una risorsa che varia continuamente sia nel corso della giornata sia nel corso delle stagioni.

-il valore della radiazione solare incidente dipende dalla disponibilità di acqua → radiazione intercettata non può essere usata nella fotosintesi, a meno che non sia disponibile di CO_2 nella foglia. Se c'è CO_2 gli stomi si aprono, la CO_2 penetra nella foglia e viene persa acqua sotto forma di vapore (attraverso gli stomi) e per fare questo viene usata parte dell'energia solare.

-il valore della radiazione solare incidente dipende anche dalla disponibilità di azoto e fosforo → concentrazione di N = concentrazione ottimale di enzimi che catalizzano la fotosintesi.

Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR): non ha solo come finalità far produrre la pianta, ma anche indurre alla fioritura, sintesi dei pigmenti, allungamento degli steli, espansione fogliare, fototropismo. Ma l'eccesso di PAR causa fotorespirazione nelle piante C3; mentre la carenza di PAR causa senescenza delle foglie, steli esili e allungati (allettamento), scarsa fertilità del fiore, frutti poco sapidi, eziolatura negli ortaggi. Quindi a fini produttivi è fondamentale aumentare l'intercettazione di PAR.

Per massimizzare l'energia utilizzata dalla pianta ci sono diversi modi: -tecnica di semina → allungo il periodo in cui la pianta rimane nel terreno e in questo modo aumenta la fotosintesi = apertura della finestra. NB: chiusura della finestra nel caso di malattie.

- > n foglie per superficie, aumenta l'indice di area fogliare.

Per incrementare nel tempo la produzione devo intervenire su: difesa dagli stress bioetici e abiotici, preferire le semine autunnali rispetto alle primaverili, anticipare le semine primaverili, scegliere varietà con LAI alto.

Per incrementare nello spazio la produzione devo intervenire su: difesa dagli stress bioetici e abiotici, semine fitte e uniformi, sistemi di potatura e allevamento, scelta del sesto d'impianto, orientamento dei filari (N-S migliore), selezionare piante con foglie erette (mais).

Assorbimento radiazione PAR: -a livello della foglia → riflessione (foglia riflette il 10% della radiazione incidente), trasmissione (10%, ma varia tra 0 per foglie spesse e 40% in foglie sottili), assorbimento (100 - riflessione del 10% - trasmissione del 10%; in media 80%).

-a livello di canopy → rispetto a una singola foglia, una coltura costituisce un sistema in grado di intercettare la PAR in modo più efficiente. Una coltura è un insieme di foglie, quindi la PAR incamerata è molto più alta, se si considera il complesso.

Efficienza dell'uso della radiazione (RUE): biomassa prodotta da una coltura è una funzione lineare. Maggiore è l'energia intercettata dalla pianta, maggiore sarà la biomassa prodotta. $RUE = \text{biomassa in g} / \text{radiazione intercettata}$. La RUE dipende da assimilazione di CO_2 , mantenimento, crescita.

LAI: indice di area fogliare, è il rapporto tra i m^2 di foglia / m^2 di superficie. Dal LAI dipende la quantità di radiazione solare intercettata dalla coltura, direttamente proporzionale alla biomassa vegetale prodotta. Il LAI è diverso in base alla fase del ciclo vegetativo: alla semina è 0, all'emergenza 0,1, in inizio levata circa 1, in pieno sviluppo intorno a 5 e alla fine del ciclo decresce. Es per coltura di mais raggiunge valori di 4,5-6. La riduzione dell'area fogliare ha effetto sia sulla quantità di radiazione intercettata sia sulla quantità di acqua traspirata.

Effetto serra: alte t causano la fusione nucleare protone-protone, fonte dell'energia solare; ma solo una piccola parte della materia solare viene effettivamente trasformata in energia. L'incremento della concentrazione di CO_2 e l'uso di fonti di energia fossile hanno procurato e procurano tutt'ora cambiamenti climatici globali; la CO_2 è il gas a effetto serra più diffuso nell'atmosfera, ma ci sono altri gas con lo stesso effetto in modo rilevante (CH_4 e N_2O), anche se in concentrazioni più basse. L'agricoltura contribuisce all'aumento di questi gas per il 5%, le industrie alimentari 15%, le attività industriali e i trasporti per l'80%.

Fotosintesi

Processo col quale l'energia solare (luce) si trasforma in energia chimica, utilizzabile dai vegetali autotrofi. È rappresentata in forma semplificata da: $\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ gli elettroni e protoni sono liberati dall'energia solare nella fotolisi dell'acqua $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$. Risultato netto: fotolisi di una mole di H_2O e produzione di una mole di O_2 per ogni mole di CO_2 ridotta. Si produce $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, prodotto usato per produrre molte macromolecole, come saccarosio (trasporto di C nella pianta) e amido (accumulo di C nella pianta).

La fotosintesi avviene nei cloroplasti delle cellule vegetali e il glucosio formato è usato anche per: -respirazione di mantenimento e supporto di funzioni vitali della pianta; si può calcolare sulla base del peso secco degli organi della pianta e dei coefficienti di mantenimento (per frumento e mais sono 3% per foglie, 1,5% fusto, 1% radici, 1% organi di accumulo). Dipende anche dalla temperatura (con l'incremento di 10° raddoppia), che determina l'adattamento e la distribuzione geografica delle colture, il tasso di sviluppo delle piante e la lunghezza del ciclo biologico della coltura; l'intervallo di t in cui possono avvenire fotosintesi e crescita varia da 0 a 40° e a seconda del range in cui crescono le piante sono divise in macroterme (C4 mais, soia), microterme (graminacee), perenni (sopravvivono a t estreme, come -50° per le conifere o 50° nel deserto, ma non crescono), annuali (meno resistenti, sono sotto forma di semi nei periodi sfavorevoli).

-respirazione di crescita → glucosio convertito in biomassa strutturale per le piante (proteine, grassi, acidi organici, cellulosa, lignina), che fanno crescere la coltura. Dipende dal prodotto finale, non dalla t; è in funzione della composizione degli organi della pianta. L'efficienza della conversione è espressa con il fattore di conversione: $\text{CVF} = \text{g prodotto} / \text{g glucosio}$; è più basso per le leguminose perché queste piante sono in grado di fissare N atmosferico per mezzo delle simbiosi. Da 1g di glucosio si ottiene: 0,78g carboidrati; 0,31g lipidi; 0,52g proteine; 0,45g lignina.

-assimilazione netta, costituita dalla parte di glucosio immagazzinato negli organi di riserva.

Produzione potenziale = assimilazione - respirazione; è determinata da quantità di luce disponibile, temperatura, caratteristiche della coltura.

Processo fotosintetico o assimilazione di CO_2 : comprende l'insieme delle reazioni durante le quali le piante producono sostanza organiche a partire da CO_2 , H_2O e in presenza di luce. Avviene nei cloroplasti, presenti in numero elevatissimo e avvolti in due membrane con stroma all'interno che presenta i tilacoidi (contengono clorofilla = fotostemi, insieme di pigmenti attraverso i quali l'energia luminosa è catturata e indirizzata verso le molecole).

L'assimilazione di CO_2 comprende tre sottoprocessi: - processo di diffusione → CO_2 penetra attraverso gli stomi all'interno delle foglie e raggiunge i cloroplasti;

- processo fotochimico o fase luminosa → luce intercettata viene usata per la fotolisi dell' H_2O e l'energia è fissata in composti ad alto contenuto energetico;

- processo biochimico → energia immagazzinata nei composti ricchi di energia viene usata per la riduzione della CO_2 in zuccheri.

Diffusione di CO_2 : attraverso gli stomi, presenti sull'epidermide dei vegetali (in comunicazione con i tessuti sottostanti attraverso la cavità stomatica) e usati per regolare gli scambi gassosi (flusso O_2 e CO_2); sono le uniche cellule che contengono cloroplasti. Ogni stoma è formato da due cellule, che aprono o chiudono la loro apertura in modo da modificare la propria forma e dimensione. Questo controllo è fatto dalle cellule guardia, la cui turgidità è controllata dagli ioni K^+ . Per poter fare la fotosintesi gli stomi devono essere aperti, in modo che entri la CO_2 , e questa apertura è controllata da: fattori ambientali, come ciclo luce-buio, temperatura, UR; fattori interni, cioè turgore delle cellule guardia, concentrazione di CO_2 , resistenza stomatica.

Processo fotochimico o fase luminosa: viene usata la radiazione visibile; l'energia del fotone è inversamente proporzionale alla sua lunghezza d'onda. La clorofilla è un pigmento che ha una struttura chimica con elettroni che si eccitano facilmente se colpiti da quanti di luce. La clorofilla può essere di due tipi: - tipo A → assorbe luce rossa; le molecole attivano la reazione fotosintetica;

- tipo B → assorbe luce blu; molecole antenna, che captano la luce.

L'assorbimento di un fotone fornisce l'energia per spostare un elettrone da un orbitale a energia minore a uno con energia maggiore.

L'energia radiante, quindi, può seguire diversi percorsi: calore, rimessa sotto forma di fotoni a lunghezza d'onda superiore o entrare nel sistema fotosintetico. La funzione dell'energia radiante solare è la produzione di ATP e NADPH (danno energia).

Processo biochimico o fase oscura: processo metabolico ciclico (ciclo di Calvin), che avviene all'interno del cloroplasto e usa l'energia fissata nell'ATP e NADPH per la riduzione di CO_2 a CH_2O . Questa reazione può avvenire in due modi (es piante C3 e C4) in base alla lunghezza (n atomi di C) del composto stabile che si forma dopo l'assimilazione di CO_2 .

Piante C3: primo prodotto stabile fatto è a 3 atomi di C (ribuloso), assimilazione di CO₂ catalizzata dall'enzima rubisco e si forma l'acido fosfoglicerico; esempio frumento, erba medica.

Piante C4: primo prodotto stabile fatto è a 4 atomi di C (acido ossalacetico), da cui si formano acidi C4 (trasferiti nei grandi cloroplasti dove cedono CO₂, usata dal rubisco per la formazione di ac.fosfoglicerico e poi glucosio), malico e aspartico; un esempio è il mais. C'è una separazione spaziale dei meccanismi. Contengono due tipi di cellule e due tipi di cloroplasto: -le cellule parenchimatiche, che circondano i fasci conduttori, contengono cloroplasti grandi e privi di grana; le cellule del mesofillo contengono cloroplasti più piccoli, hanno la grana e l'assimilazione di CO₂ è catalizzata dall'enzima PEP-carbossilasi (presente nelle cellule del mesofillo a contatto con l'aria che deriva dagli stomi; reagisce solo con CO₂ e non con O₂, quindi non c'è fotorespirazione; più piccola rispetto al rubisco) e si ottiene acido fosfoenolpiruvico carbossilasi.

Le cellule del mesofillo sono disposte a corona intorno alle cellule della guaina, che riveste i fasci dei vasi conduttori, i quali hanno una maggiore densità di cloroplasti.

Piante C4 assimilano più CO₂ e quindi usano le risorse idriche in modo più efficiente rispetto alle C3, a parità di apertura stomatica e di acqua traspirata; inoltre le C4 non subiscono perdite di CO₂ per fotorespirazione e hanno un contenuto di N nelle foglie più basso (=migliore efficienza fotosintetica) rispetto alle C3. Le piante C4 hanno valori ottimali di temperatura più elevati rispetto alle C3, ma in realtà hanno un'efficienza limitata a bassi regimi luminosi.

Piante CAM: piante grasse, vivono in ambienti aridi e deserti, es ananas; hanno sviluppato un sistema fotosintetico che permette di usare con alta efficienza la poca acqua disponibile. Caratteristica principale=stomi aperti di notte e chiusi di giorno, quindi di notte si immagazzina CO₂ come acido malico, grazie alla PEP-carbossilasi, di giorno la CO₂ viene rilasciata e fissata dal rubisco con risparmio di acqua e non avviene fotorespirazione come per C4. Se torna acqua normalmente ad essere disponibile tornano a essere C3 o C4. Il primo prodotto è a 5 atomi C; separazione temporale dei meccanismi.

Efficienza della conversione della radiazione PAR assorbita: 5% in C3 e 7,5% in C4. Funzione: intensità di luce, temperatura 25°, concentrazione CO₂, struttura foglia, traslocazione e accumulo, respirazione, nutrizione minerale e idrica, architettura fogliare (foglie erette).

Interventi per migliorare l'efficienza: scelta cultivar, tecniche per migliorare la nutrizione (irrigazione, lavorazioni, concimazione), epoca di semina (anticipare il più possibile), riduzione traspirazione (frangivento), migliorare intercettazione (densità di semina), orientamento in file e disposizione equidistante. Molto importante per il mais.

Respirazione: reazione esotermica della cellula, che in presenza di O₂, ricava energia per i processi vitali. Durante questo processo si ossida il glucosio, necessario per produrre energia e formare ATP con formazione di CO₂ e H₂O. Solo una parte dell'energia liberata si trasforma in energia chimica (ATP): infatti si ottengono 38 ATP per ogni mole di glucosio ossidato e il rendimento energetico è del 40%.

Sviluppo della pianta: differenziazione della pianta con passaggio da una fase fenologica alla successiva. *Fasi fenologiche:* -accrescimento (LAI min; hi=0)

-levata

-fioritura, inizia 57, 33 e 23 giorni alle t di 10, 15 e 20° (LAI max; hi=0)

-formazione e riempimento degli organi di cumulo

-maturazione fisiologica=termina traslocazione delle sostanze negli organi di riserva. (LAI 0; hi max)

Sviluppo vegetativo: accrescimento+levata. Molta necessità di acqua, calore e sostanze nutritive.

Accrescimento: aumento del peso secco della pianta nel tempo. La radiazione solare incrementa l'accrescimento, ma in modo più o meno rapido a seconda della temperatura dell'aria.

Vernalizzazione: necessità di alcune specie, come frumento e orzo, di un certo numero di giorni con basse temperature durante il ciclo per essere in grado di fiorire.

Le varietà alternative sono quelle che fioriscono anche senza trascorrere l'inverno; varietà non alternative hanno bisogno dell'inverno.

Unità termiche: è possibile calcolare la lunghezza del ciclo di una coltura sulla base di queste unità. $GDD = (t_{max} + t_{min}) / (2 - 10^\circ)$ se è $< 10^\circ$ non c'è uno sviluppo vegetativo. La lunghezza del ciclo calcolata sulle unità termiche permette di classificare: -varietà precoci→con poca disponibilità di acqua possono limitare l'uso di risorse idriche; con lunghezza limitata della stagione vegetativa riescono comunque a completare il ciclo.

-varietà tardive→ciclo molto lungo=maggiore produzione finale, sono più produttive delle precoci in condizioni favorevoli.

Fotoperiodismo: risposta fisiologica delle piante alla durata giornaliera dell'illuminazione, diviso in: -epoca di fioritura (più importante)
-dormienza invernale delle gemme
-caduta foglie
-formazione di organi di riserva

Piante brevidiurne=fioriscono con fotoperiodo inferiore a una soglia critica (giornate corte); es soia, mais, patata.

Piante lungidiurne=fioriscono con fotoperiodo superiore a una soglia critica (giornate lunghe); es frumento.

Piante neutrodiurne=soglia critica di 12-14h; es mais, soia, riso dopo selezione artificiale o naturale.

Il mais pianta monoica dicline (in posti diversi sono posti fiori maschile e femminile-pannocchia), fioritura proterandra (permette la fecondazione incrociata naturalmente).

Il frumento=una spiga terminale; fioritura cleistogama, autogama (si autofeconda, avviene con il polline del medesimo fiore).

Terreno agrario

Il terreno si forma sotto l'azione del clima e dell'attività biotica; pedogenesi=processi che portano alla formazione del terreno. Il clima ha un ruolo fondamentale: secondo la legge della zonality suoli con pedogenesi diversa, ma stesso clima, sono uguali e suoli con pedogenesi uguale e clima diverso sono diversi. Il terreno naturale è quello formato sotto l'influenza di fattori pedogenetici e con vegetazione spontanea, in equilibrio con l'ambiente; il terreno agrario, invece, viene modificato dall'uomo per la produzione.

Il suolo è lo strato detritico superficiale della crosta terrestre, in cui avvengono attività biologiche, e capace di ospitare e sostenere la vita delle piante. Si forma dalle rocce superficiali per azioni fisiche, chimiche e biologiche; è costituito da sostanze minerali e organiche. Inoltre, il suolo che coltiviamo è polifasico=fase solida, liquida e gassosa; per essere coltivato è necessaria la compresenza delle tre fasi.

I terreni autoctoni mantengono la composizione chimica della roccia madre e a seconda del tipo di roccia si distinguono in calcarei, dolomitici, granitici; sono poco profondi, hanno fertilità limitata e sono in zone protette dall'azione di acqua e vento.

I terreni alloctoni o di trasporto sono più ricchi e più fertili degli autoctoni, perché hanno maggiore varietà mineralogica e chimica; la loro formazione è influenzata da agenti naturali come gravità, acqua, ghiacciai, vento. Si distinguono in: -alluvionali→acqua causa trasporto e sedimentazione; buona fertilità.

-morenici→da accumulo di materiali che i ghiacciai spingono verso valle e si depositano durante lo scioglimento; fertilità variabile, perché si mescolano vari materiali diversi.

-marini→dovuti a maree e correnti marine; non molto fertili e con granuli grossolani.

-eolici→dal vento che trasporta e deposita i materiali; es terreni dunosi in prossimità del mare e loess nei deserti.

Stratigrafia: i fattori pedogenetici portano alla formazione di strati diversi uno dall'altro per spessore, colore, proprietà chimico-fisiche, attività biologica, pH. I quattro strati principali sono A, B, C, D, distinti in spessore e qualità. L'orizzonte A (eluviale) è soggetto a opera dell'acqua, a processi di trasporto verso il basso di composti solubili o mobili; è a contatto con le radici. L'orizzonte B (illuviale) raccoglie il materiale asportato dalla zona sovrastante; influenza indirettamente la fertilità del suolo, perché può essere compatto, poco permeabile, o troppo ghiaioso o calcareo. Orizzonte A e B costituiscono il vero e proprio terreno agrario. L'orizzonte C e D rappresentano il substrato pedogenetico e la roccia madre.

Nei terreni agrari il fattore pedogenetico principale è rappresentato dall'uomo; altri fattori importanti sono la giacitura e l'esposizione.

Struttura dei terreni: diversa modalità di aggregazione, intensità di legame e localizzazione spaziale. Tessitura=dimensione delle singole particelle del terreno.

La struttura può essere classificata in funzione della dimensione degli aggregati: -aggregati astrutturali= diametro <0,25mm

-microaggregati= diam 1-0,25mm

-aggregati ottimali, grumi o glomeruli= 1-5mm

-macroaggregati= 5-50mm

-aggregati zollosi= 50-150mm

-zolle= >150mm.

Aggregati primari=legami tra argille e sesquossidi idrati di Fe e Al. **Aggregati secondari**=humus e favoriti da presenza di Ca.

Stabilità della struttura: influenzata da: -sostanza organica (positiva)

-concimazioni azotate (variabile)

-concentrazione salina (negativa)

-piante-residui, effetto aggregante radici, diversità graminacee e radici fittonanti

-lavorazioni-calpestanto negativo, sminuzzamento suolo positivo, corretto sgrondo acque positivo

-variazioni contenuto acqua positivo

-pioggia (negativo)

-gelo/disgelo (positivo); gelo suoli saturi (negativo)

-fauna (positivo)

Caratteristiche fisiche del terreno

Condizionano in modo primario il suolo e si dividono in: -primarie→granulometria (definisce la tessitura del terreno), densità assoluta, struttura;

-secondarie→porosità, densità reale, tenacità, adesività, plasticità, permeabilità, capillarità.

Frazioni granulometriche: dimensione della particella è molto importante; scheletro tutto quello superiore a 2mm, pietre >20mm, ghiaia 20-2mm; terra fine <2mm. Lo **scheletro** non dà contributo alla fertilità, non ha efficienza alimentare per le piante; terreni con oltre il 40% di scheletro sono detti ghiaiosi e hanno limiti di fertilità e difficoltà di gestione agronomica, hanno scarso contenuto di sostanza organica ed elementi nutritivi, elevata aerazione. La **sabbia** è la componente del terreno con granulometria fra 2 e 0,02mm; i terreni sabbiosi hanno contenuto di sabbia sulla terra fine di oltre il 50%, necessitano di concimazioni e irrigazioni, sono facilmente penetrabili e lavorabili, hanno un'elevata aerazione e un buon drenaggio. Il **limo** ha particelle tra 0,02 e 0,002mm, i terreni limosi hanno oltre il 60% di limo, ma ci sono limiti di coltivazione anche per la scarsità di nutrienti; i terreni limosi sono usati per colture in pieno campo e foraggiere permanenti, *se sono umidi* hanno un'elevata resistenza alla penetrazione, alta adesività, plasticità e coesione, limitata infiltrazione e aerazione, *se sono secchi* si strutturano in modo instabile, i nutrienti sono medio-bassi, hanno bassa permeabilità. L'**argilla** presenta particelle di diametro <0,002mm e la capacità di liberare ioni H⁺ e OH⁻, comprende caolinite, itte, montmorillonite, silice, carbonati, solfati e humus, i terreni argillosi hanno >25% di argilla; questi terreni sono molto diffusi e hanno un'ampia possibilità di utilizzazione per colture di pieno campo; *se sono umidi* sono resistenti alla penetrazione, plastici, *se in tempera* si strutturano facilmente, *se secchi* induriscono le zolle per coesione tra le particelle; in generale hanno buone riserve idriche, bassa permeabilità e aerazione, poche perdite di nutrienti.

Massa volumica=massa x volume; **superficie specifica**=superficie complessiva particelle/massa complessiva.

Crepacciabilità: rigonfiamento e contrazione del suolo; ha sia effetti negativi (dispersione di acqua, ostacolo all'irrigazione, > evaporazione, rottura di radici), sia positivi (aumenta la velocità di infiltrazione, la permeabilità e l'arieggiamento, diminuisce lo sforzo della lavorazione).

Triangolo della tessitura: si segnano sui lati le % di sabbia, limo e argilla e si tracciano le rette parallele ai lati, l'incrocio delle rette determina la classificazione del terreno considerato.

Suolo franco o di medio impasto: terreni con equilibrata ripartizione delle componenti tessitura e le loro caratteristiche sono le più favorite dal punto di vista agronomico; hanno scheletro assente o al 1-2%, sabbia 35-55%, limo 25-45%, argilla 10-25%.

Struttura del terreno: determinata dal modo in cui sono associati i costituenti elementari, che possono essere sia le particelle primarie, sia dati dall'aggregazione di particelle primarie. L'intensità, la tipologia e la disposizione spaziale dei legami sono una caratteristica dinamica molto importante. Gli elementi colloidali del terreno coagulano (flocculano) sotto l'azione di particolari agenti (elettroliti), inglobando anche elementi non colloidali, in questo modo il terreno si struttura in piccoli grumi dove aumentano gli spazi vuoti. La sostanza organica favorisce la formazione della struttura glomerulare e il suo contenuto è fondamentale (2-4% nel terreno). La struttura del suolo è, quindi, un elemento chiave per la caratterizzazione della qualità del terreno agrario; può essere cubica (porosità 20-40%), piramidale (porosità 15-25%), granulare (porosità 40-75%). In generale la struttura è la configurazione interna della matrice del suolo ed è data da forma, dimensione, distribuzione degli spazi e influenza i fluidi, il movimento, l'attività microbica, la crescita delle radici. Anche la capacità del campo è legata alla struttura e rappresenta la quantità di acqua trattenuta dal volume di suolo indisturbato.

Stabilità della struttura: è una proprietà dinamica, è l'attitudine degli aggregati a resistere alle sollecitazioni. Ci sono due livelli di stabilità: -stabilità all'azione degli agenti meccanici→dipende dalla quantità di cementi (ossidi di Fe) che legano le particelle;
-stabilità all'azione dell'acqua→legata alla quantità e qualità della sostanza organica che cementa gli aggregati.

La stabilità degli aggregati è importante come indicatore della struttura, per capire la fertilità del suolo (data dalla struttura glomerulare del terreno, risultato dell'evoluzione dell'humus), la produttività, qualità e sostenibilità dei sistemi colturali. La stabilità è alta nelle praterie e prati stabili, bassa nei terreni limosi e argillosi.

La struttura può essere studiata date: -porosità→misura dell'associazione dei costituenti, dipende dalla dimensione, forma e assestamento degli aggregati strutturali;

-coesione→da frequenza e resistenza dei legami tra le particelle;

-forma degli elementi.

Densità assoluta: massa volumica ($t\ m^{-3}$) o peso specifico dell'unità di volume esclusi gli spazi vuoti (picnometro); è in funzione della densità della parte solida (elevata per alcuni minerali, bassa per sostanza organica).

Densità apparente: peso specifico apparente o peso dell'unità di volume compresi gli spazi vuoti; è legata alla porosità del terreno, i terreni sabbiosi hanno $<$ porosità e $>$ densità rispetto agli argillosi. Densità terreno sabbioso $1,42t\ m^{-3}$, limo-sabbioso $1,2-1,3$, limo-argilloso $1,1-1,2$.

Porosità e peso specifico: porosità=spazio aria e acqua, $(Vol\ app-vol\ reale)/vol\ app$ o $(densità\ reale-densità\ app)/dens\ reale$; porosità tot=microporosità+macroporosità, micropori diametro $<10\ \mu m$, macropori $>10\ \mu m$, microporosità/macroporosità=1. Porosità 50% per terreni di medio impasto.

Peso specifico o densità= g/cm^3 , apparente o reale.

Forma degli elementi: -astrutturale quando le particelle sono in stato di dispersione, indipendenti tra loro; il terreno si trova allo stato di massimo assestamento o compattamento, aria e acqua non circolano liberamente e l'approfondimento delle radici è limitato.

-strutturale o glomerulare quando le particelle danno luogo a fenomeni di aggregazione, l'equilibrio tra micro e macroporosità è una condizione favorevole per lo sviluppo di vegetali e vita microbiologica.

Mezzi che assicurano le migliori condizioni di struttura: apporto di sostanza organica, lavorazioni con terreno in tempera, prati avvicendati, apporto di ioni per favorire la flocculazione, rimozione di ioni deflocculanti (Na) con irrigazioni, protezione del terreno con pacciamatura.

Fattori per ripristino della struttura: particelle tendenti ad aggregarsi, terreno con sostanza cementanti capaci di favorire la formazione di aggregati stabili, forze in grado di superare la coesione delle particelle (=disgregare massa terrosa). La coesione delle particelle è vinta dall'alternanza della variazione del contenuto di acqua e da gelo e disgelo.

Qualità delle sostanze cementanti: devono presentare: -sostanze minerali, come ossido di ferro e alluminio, alluminio-silicati, ferro organico;

-sostanze organiche, come mucillagini, amino-polisaccaridi, muco-pectidi con funzione cementante e importanti per la struttura del terreno.

Fattori demolitivi della struttura: azione batterica (compattamento del substrato), calpestio, lavorazioni del terreno non in tempera. Influenzano la struttura attraverso l'ossidazione della sostanza organica, la polverizzazione degli aggregati per effetto meccanico, disgregazione degli aggregati con eccessiva umidità.

Proprietà fisiche: -coesione→legata alla resistenza dei legami che uniscono i suoi costituenti. Alla coesione è legata la sofficità, data da un rapporto tra micro e macropori;

-tenacità→forza che unisce le particelle terrose tra loro, esprime la resistenza che il terreno oppone alla penetrazione e all'avanzamento degli organi lavoranti degli attrezzi;

-adesività→tendenza del terreno ad aderire alle superfici di contatto degli organi lavoranti. Aumenta all'aumentare dell'umidità del suolo, massima nei terreni argillosi e limosi;

-capillarità→capacità dell'acqua di risalire dagli strati inferiori verso la superficie; legata alle forze di adesione e coesione dell'acqua, favorita dalla microporosità;

-permeabilità→terreni che lasciano passare l'acqua; dipende dalla struttura e dalla tessitura del terreno.

Caratteristiche chimiche del terreno

Reazione del terreno: il pH influenza molto la vita delle piante, in particolare la disponibilità dei nutrienti, la vita della flora microbica del terreno, l'abitabilità del terreno. Rimane stabile grazie al potere tampone del suolo. Il pH fa capire anche la fertilità chimica del suolo; quando il pH è vicino alla neutralità N, P, K e S sono disponibili per le piante come nutrienti in modo abbondante.

Calcare: costituito da minerali (CaCO_3 e MgCO_3), che entrano a far parte della frazione sabbiosa, argillosa e limosa. Quindi la fonte di Ca è molto importante per le piante e interferisce con l'assorbimento radicale. Il Ca è importante perché influisce sul valore del pH, sulla struttura del suolo, sulla neutralizzazione dell'acido nitrico e interferisce sull'assimilazione del P e K. Con un eccesso di Ca il pH diventa basico, si insolubilizzano Fe e P, si compromette l'assorbimento dei microelementi, si forma la crosta superficiale, provoca fango in presenza di acqua.

Colloidi: componenti solidi del terreno, costituiti dalle particelle più piccole allo stato di estrema suddivisione. Costituiscono argille (idrati di Al, Fe, Mn, ortosilicati) e composti organici (humus e acidi umici). I colloidi hanno carica elettrica positiva o negativa, hanno la capacità di assorbire e trattenere e formare aggregati che si depositano (flocculazione).

Potere adsorbente: capacità del suolo di trattenere acqua e nutrienti; è una caratteristica legata alla natura dei colloidi, che grazie alla loro carica sono in grado di adsorbire e fissare gli ioni impedendo salinità e dilavamenti. Questa proprietà è importante per lo svolgimento dell'attività agricola e per l'equilibrio ambientale, perché vengono adsorbiti ammonio, fosfati, sali potassici, ma lo ione nitrico NO_3^- sfugge al potere adsorbente (non è trattenuto dal terreno).

Soluzione circolante: fase liquida del terreno, soluzione acquosa molto diluita in continuo movimento, rappresenta il modo più comune dal quale la pianta trae nutrienti e acqua. Viene influenzata dalla natura del suolo, dalla profondità, dall'andamento pluviometrico e dalle pratiche colturali; in generale è influenzata da piogge, irrigazioni, concimazioni, temperature, lavorazioni, attività microbiologica, assorbimento radicale delle piante, solubilizzazione e insolubilizzazione.

Potere tampone: capacità di mantenere stabile la reazione del terreno opponendosi a variazioni del pH, grazie alla neutralizzazione dell'effetto degli agenti chimici, acidi o basici, che giungono al terreno. Questa proprietà deriva dalla soluzione circolante e dai colloidi.

NB: Erba medica difficilmente conservabile per insilamento, perché si oppone all'abbassamento del pH.

Dotazione di elementi: composizione chimica del terreno espressa come dotazione di nutrienti è variabile e dipende dai componenti mineralogici del substrato pedogenetico e dai fattori come clima, interventi agronomici, vegetazione, microrganismi. In generale il terreno è un sistema a reazione dinamica e l'effetto nutritivo complessivo di un elemento deriva dall'interazione della concentrazione istantanea nella soluzione a contatto con il sistema radicale (intensity), da riserva disponibile nel terreno (quantity).

I nutrienti sono classificati in: -principali o macroelementi→azoto, fosforo, potassio;

-secondari→calcio, magnesio, zolfo;

-microelementi→boro, manganese, zinco, rame, cobalto, ferro.

I nutrienti possono essere trasferiti in una fase gassosa (azoto e zolfo, →flusso degli elementi and di fuori del sistema con un collegamento continuo) o meno (P e K, →elementi legati all'ecosistema, avvengono solo scambi tra sostanza organica e componenti minerali primari o secondari).

Gli elementi si distinguono anche in base alla loro capacità di essere organizzati, ovvero di entrare come componenti essenziali delle molecole organiche attive, come N, P e S; Ca e K non sono organici.

Elementi

Macroelementi: -Azoto→nel suolo sotto forma minerale come ione ammonio, nitrato e nitrito. L'analisi chimica esprime azoto tot=N organico+N ammoniacale. Arriva al suolo per via naturale (fissazione biologica di N atmosferico e con precipitazioni 15-20 kg/ha per anno) e con gli interventi dell'uomo (interramento residui vegetali, apporto di reflui zootecnici, concimazioni chimiche). N viene perso nel suolo per erosione del territorio, per il dilavamento sotto forma nitrica, per la sottrazione da parte della vegetazione, per volatilizzazione gassosa dell'ammoniaca, per denitrificazione biologica, per il fuoco. N nella pianta costituisce gli aa, viene assorbito da esse come NH_4^+ o NO_3^- (quest'ultimo preferito dalla pianta, perché questo (ossidato) viene trasformato in NH_2 ridotto in modo più semplice; NH_4^+ presenta 4 H e la pianta deve gestire 2H^+ liberi-NB riso assorbe tutto NH_4^+). NO_3^- forma ossidata quando è assorbito, forma ridotta quando viene trasformato in aa e proteine con uso di energia; nel terreno subisce il percorso inverso (volatilizzazione, denitrificazione, lisciviazione) e verrà usato da microrganismi. L'azoto nella pianta non è subito trasformato in prodotti immagazzinabili, ma può stare anche alcuni giorni in forma

nitrica, ciò dipende dalla quantità di nitrati assorbiti, dalla temperatura in quel momento. Nel rumine i nitrati dei foraggi diventano nitriti, che fanno ossidare il Fe dell'emoglobina=trasporto ossigeno è rallentato.

-**Fosforo**→c'è fosforo organico e inorganico(coltivazioni chimiche). Inorganico presente in una quota stabile, instabile o scambiabile (assimilabile). Nella pianta forma i fosfolipidi, la fitina; è assorbito in forma ossidata e resta tale nella pianta. Non è utilizzabile nella concimazione fogliare, perché non penetra, non viene assorbito dalle foglie, viene assorbito solo dalle radici (l'unico a non essere assorbito anche dalle foglie).

-**Potassio**→minerale nelle lamelle delle argille, nei reticoli dei minerali. Asportazioni=assorbimento vegetale, dilavamento, erosione. Nella pianta non entra come elemento costitutivo, ma regola i rapporti dei processi osmotici.

Elementi secondari: -**Calcio**→nei tessuti vegetali si lega alle sostanze peptiche conferendo > resistenza alle membrane, è un elemento complementare, dà stabilità alle piante.

-**Zolfo**→forma cistina, cistidina e metionina, si trova nelle piante crucifere.

-**Magnesio**→componente fondamentale della clorofilla, trasportatore di energia.

-**Boro**→determina la formazione del budello (granulo) pollinico, promuove il movimento degli zuccheri nei tessuti vegetali e interviene nella sintesi del saccarosio e dell'amido.

-**Manganese**→formazione clorofilla, ha valenza 2 o 3 e lo spostamento fa spostare l'energia internamente alla pianta.

-**Zinco**→costituisce le auxine, la cui concentrazione determina la lunghezza dei rami della pianta.

-**Rame**→determina il sistema dei citocromi.

-**Molibdeno**→regola la nitrogenasi, enzima che regola la fissazione dell'N atmosferico, coordina nel tubercolo radicale la quantità di ossigeno.

-**Cobalto**→costituisce la legemoglobina, che attiva i processi di formazione di N atm.

-**Ferro**→importante per la formazione della clorofilla.

Aspetti ciclici del terreno

L'ecosistema presenta cicli biogeochimici.

Ciclo del carbonio: coinvolto in processi di fotosintesi, respirazione, scambi gassosi influenzati dalla t, sedimentazione e dissoluzione influenzati dal pH. La cattura di C nel suolo è favorita dall'aumento di sostanza organica, dalla formazione di microaggregati, dalla diminuzione del tasso di mineralizzazione della sostanza organica, dallo stoccaggio della sostanza organica a maggiori profondità.

Ciclo dell'azoto: 600×10^8 mln di tonnellate, di cui solo una porzione minima viene usata nei cicli biogeochimici. In atmosfera N è allo stato elementare e la sua concentrazione è influenzata dai processi di fissazione, denitrificazione e nitrificazione, processi industriali e chimici. N entra nei cicli attraverso l'azoto-fissazione (dove diventa NH_3). Nel suolo è legato all'attività dei microrganismi eterotrofi. Il ciclo di N ha caratteristiche particolari: N è presente in piccole tracce all'interno della fase inorganica solida del suolo e non viene rilasciato dalla degradazione delle rocce se non attraverso lo ione ammonio presente in alcuni minerali argillosi; inoltre l'N atmosferico può essere fissato da microrganismi (avviene solo per questo elemento) e durante il ciclo la sua valenza cambia notevolmente (da -3 a +5).

Ciclo pedologico dell'N: -**Sottociclo elementare**→N in forma elementare usato come principale fonte negli agroecosistemi; il trasferimento di N avviene con la fissazione biologica/industriale.

-**Sottociclo eterotrofico**→organismi eterotrofi nel suolo usano N come rifornimento e ciò è in competizione con le piante superiori. Questo sottociclo è importante perché sottrae N al possibile dilavamento o al processo di denitrificazione o volatilizzazione dell'ammoniaca.

-**Sottociclo autotrofico**→piante superiori autotrofe organicano l'azoto, che diventa una riserva.

Fissazione biologica dell'N atmosferico: N atmosferico entra negli ecosistemi soprattutto attraverso N_2 e NH_3 . I microrganismi azoto fissatori (per fissare l'azoto usano la nitrogenasi, enzima inattivo in presenza di O_2 e la fissazione avviene in ambiente anaerobico; costituito da molibdeno) si dividono in: -**simbiotici**→simbiosi mutualistica con le leguminose, es rhizobium, che sono autotrofi solo per N e in modo facoltativo; meccanismo di infezione del simbionte dato da fase extraradicale (rhizobium in prossimità di una leguminosa specifica scambia informazioni molecolari attraverso il legame mucoproteine del pelo radicale-polisaccaridi del rhizobium) e fase intraradicale (batterio entra nella pianta, percorre pelo radicale e arriva alla zona corticale, dove alcune cellule danno origine al tubercolo; viene anche elaborata la legemoglobina, costituita da

cobalto e ferro-batterio produce l'eme e la pianta la globina). La pianta fornisce energia sotto forma di ATP.

La simbiosi dipende dall'aspetto microbiologico (rhizobium migliore), dall'aspetto fisiologico, dal clima, dalla temperatura, dalle caratteristiche pedologiche del terreno, è ostacolata dal pH basso e facilitata dal calcare attivo. Quantità annua fissata 80/140mln di t all'anno.

-indipendenti→vivono liberamente dispersi nel terreno; danno contributo all'azoto-fissazione e usano come substrato residui colturali.

Fissazione chimica o fissazione inorganica: innescata da radiazione cosmiche, scariche elettriche e queste danno energia in modo che l'N possa reagire con l'O₂ o H₂O per formare NO o NH₃; circa 10-20kg/ha, 8mln di t all'anno.

Fissazione industriale: da energia fossile si formano composti azotati, usati come fertilizzanti; 40/60mln di t anno.

Mineralizzazione e immobilizzazione di N: N organico può essere fino al 90% tot nel suolo, ma solo il 2% è assimilabile dalle piante. La concentrazione di N è in funzione dell'andamento dei processi di mineralizzazione e immobilizzazione, che coesistono. La mineralizzazione è dovuta all'azione dei batteri eterotrofi ammonizzanti, che usano i composti organici come fonte di energia; questo processo avviene in tutti i suoli a seconda del pH e della temperatura; tasso annuale 1-3%. L'immobilizzazione, invece, è inversa alla mineralizzazione: N nel terreno attraverso la microflora viene trasformato in composti organici.

Dispersione di N nell'ambiente: -lisciviazione→ioni NO₃⁻ vengono allontanati dalle acqua che attraversano il suolo; le perdite di nitrati nei terreni sono importanti, perché causano l'inquinamento delle zone coltivate con agricoltura intensiva. I nitrati vengono formati sia dalla mineralizzazione della sostanza organica del suolo, sia dai fertilizzanti.

-nitrificazione→N ridotto viene ossidato a nitrato; questo processo avviene nel suolo a opera di microrganismi e si libera energia. È influenzato dalla presenza di CO₂ e carbonati, dall'aerazione, dall'umidità e temperatura del suolo, dal pH del terreno, dalla presenza di composti azotati.

-denitrificazione→riduzione di nitrati in NH₄⁺, NO₂ e N₂, da parte dei batteri Bacillus, Micrococcus. Il nitrato è l'accettare finale di elettroni nella respirazione anaerobica; in ambiente anossico NO₃⁻ diventa N₂. La denitrificazione è stimolata dalla presenza di sostanza organica, dalle alte t e dalla reazione alcalina del terreno.

-volatilizzazione→NH₃ è un gas che può volatilizzare in atmosfera; i terreni calcarei hanno più perdite, mentre sono ridotte se pH acido. I reflui zootecnici hanno pH neutro o alcalino, quindi si ha maggiore volatilizzazione.

Ciclo del fosforo: 10¹⁹ t di P; P viene assimilato dagli organismi senza subire ossido-riduzioni, si trova sempre nei suoi sali stabili, mai in forma elementare. P è un elemento a ciclo aperto, ovvero la quantità che si deposita nei giacimenti marini è maggiore di quella che torna nel suolo. È poco solubile e la carenza di P nel suolo viene equilibrata attraverso l'uso di fertilizzanti fosfatici.

Nelle piante P è assorbito in forma ossidata e rimane tale.

Ciclo dello zolfo: ciclo complesso a causa delle caratteristiche elettrochimiche dello zolfo; 52 mln di t in atmosfera. S si trova in forma elementare nei giacimenti minerali, in forma organica e in parte in forma inorganica nel terreno; le piante riducono i solfati in solfuri prima di usarli per la produzione di aa solforati.

Caratteristiche biologiche

Il terreno agrario costituisce un ecosistema complesso in cui microflora e microfauna sono in stretto rapporto in modo dinamico. L'equilibrio è influenzato dalla sostanza organica, che quando torna al terreno serve come substrato per la vita dei microrganismi. Biomassa microrganismi 20t/ha.

Categorie degli esseri viventi: -microflora tellurica→batteri, attinomiceti, funghi, alghe, protozoi, virus. I batteri hanno biomassa tra 1000 e 7000kg/ha. Nel suolo la biomassa microbica usa i processi di natura biochimica come fonte di sostentamento energetico.

-fauna tellurica→talpe, arvicole, lombrichi, insetti, aracnidi, protozoi; 2t/ha = 2 mln di individui per ettaro. Fauna stimola la microflora, poiché rende più accessibile la sost organica, la regola raggiungendo un equilibrio tra batteri e funghi, e inoltre trasporta questi ultimi.

Indicatori biologici: -anabolici→processi legati alla conservazione della fertilità

-catabolici→processi degradativi.

Quantità e qualità dei microrganismi=efficienza della biomassa può essere data dall'analisi di: respirazione del terreno (consumo di ossigeno; QR=volume CO₂ evoluta/volume O₂ consumato),

azotofissazione, azoto mineralizzabile, denitrificazione, nitrificazione, presenza di ureasi (scissione urea in NH_3 e acqua), proteasi (smantella sostanza organica), fosfatasi, solfatasi e deidrogenasi.

Biomassa microbica e attività della biomassa: indicatore di cambiamento delle condizioni del suolo; il carbonio nella biomassa è dall'1 al 4% del C organico tot.

Sostanza organica del terreno

Indica la fertilità del terreno agrario; 1,5-2,5% in peso, deriva da decomposizione di residui vegetali e animali; ogni anno il processo demolitivo interessa il 2% della sostanza organica, quindi ci vogliono 34 anni per aumentare del 50% la sostanza organica iniziale. Ha natura eterogenea ed è l'unica forma di energia immagazzinata; determina la fertilità del terreno. Viene divisa in: -pool a lungo termine=matrice organica del suolo, frazione stabile;

-pool a breve termine=componente marginale sulla complessità, frazione labile.

La sostanza organica è soggetta a processi di umificazione (coefficiente isoumico=rapporto tra quantità di biomassa organica rispetto al rendimento finale di humus; il più alto è rappresentato dal letame maturo) e mineralizzazione.

Funzioni: nutrizione (conseguenza del processo demolitivo), stimolazione degli apparati radicali, aumento della CSC (capacità di scambio cationico; conseguenza del fatto che humus è un colloide organico con capacità di scambio elevate), miglioramento delle proprietà fisiche del terreno (perché l'humus può aggregare i colloidali minerali), humus riesce ad assorbire molto di più l'acqua (aumentano micropori in modo esponenziale), riduzione del tasso di retrogradazione del P e del K.

Fattori che influenzano la sostanza organica: il rendimento finale dipende dalla qualità della sostanza organica, è alto quando C/N si avvicina a 10, è limitato nei materiali ricchi di fibra (es paglie, stoppe).

Sostanza organica influenzata dal clima, dalla natura del terreno (suolo poroso fenomeni ossidoriduttivi avvengono più facilmente) e dagli interventi antropici.

Sistemi colturali

Basati su coltura-suolo e le loro interazioni e si adattano al clima e al terreno. Possono essere di due tipi: -estensivi→non ci sono molti interventi agrotecnici, ampie superfici;

-intensivi→coltura seguita con agrotecniche per massimizzare la produzione.

Culture convenzionali=interventi agronomici, o biologiche=senza prodotti di sintesi.

Monocoltura: monocoltura (mais, frumento)=una sola specie occupa un'ampia zona territoriale con il vantaggio di un'elevata specializzazione tecnica e semplificazione della gestione aziendale, ma con lo svantaggio di una maggiore vulnerabilità della fertilità del suolo (curva di decadimento della sostanza organica del terreno), influenza su infestanti, parassiti e crittogamiche (es mais) e difficoltà di gestione delle risorse (acqua per irrigazione).

Monosuccessione=stessa pianta succede a se stessa.

Policoltura: su appezzamenti diversi ci sono diversi tipi di coltura.

Consociazione: coltivazione contemporanea di più specie sullo stesso terreno, le piante coesistono e si possono coltivare insieme perché hanno modi di espressione diversi, es vanno a occupare strati diversi di superficie; es graminacee e leguminose. Alla base della consociazione c'è la regola dell'interazione positiva: $AB > (A+B)/2$, le piante si bilanciano nel tempo. La consociazione è influenzata dalla scelta di specie con apparato radicale diverso, dalla scelta di specie ad habitus diverso di crescita e scelta di specie a diverso ritmo di crescita stagionale. Inoltre presenta dei vantaggi: riduzione delle oscillazioni di resa, ottenimento di prodotti di qualità migliore, azione di protezione tra una coltura e l'altra, fornitura di sostegno, guadagno di tempo.

Avvicendamenti colturali: agrotecnica migliore per migliorare la fertilità del suolo. Alternanza nel tempo di colture diverse, che nel tempo hanno influenza positiva sul suolo. Le colture nel tempo arricchiscono il suolo di sostanza organica. Ci sono colture preparatrici (es mais), sfruttanti e miglioratrici (formate da leguminose).

Rotazioni storiche: maggese=non coltura di una parte del terreno, ma così la fertilità diminuisce, perché diminuisce la sostanza organica. Rotazioni→biennale (maggese-frumento); triennale (maggese-frumento-orzo o avena); quadriennale (maggese-frumento-trifoglio pratense). In questo modo il prato apporta N e sostanza organica; si è abbandonato il maggese, ampliando la superficie coltivata=rivoluzione agronomica. Vantaggi della rotazione: economici, di organizzazione, ambientali, agronomici.

Si parla, quindi, di *coltura principale*=occupa terreno per 1 o più annate agrarie (es mais di primo raccolto, frumento di primo raccolto, erba medica); e *coltura intercalare o secondaria*=occupa terreno e si pone tre due colture principali.

Sistema foraggero: sostiene l'allevamento. Negli anni 60 foraggiata verde; anni 80 piatto unico=disporre di alimenti costanti, ovvero uso sempre gli stessi alimenti, la stessa qualità e di conseguenza gli alimenti sono conservati.

Concimi

Concimazione=intervento agronomico più importante, usata per apportare nutrienti al suolo, in particolare quello che la pianta ha asportato, in modo da aumentare la produttività.

I termini sono definiti per legge: -fertilizzante→sostanza che aggiunta al suolo è in grado di interferire positivamente sulla fertilità;

-concime→sostanza naturale o di sintesi che apporta gli elementi della fertilità;

-ammendante→sostanza capace di interferire con le proprietà fisiche e biologiche del terreno;

-correttivi→sostanze che modificano pH;

-condizionatori→sostanze che migliorano struttura del terreno.

Tipologie di concimazione: -Concimazione di fondo→eseguita con concimi a lento rilascio, prima dell'impianto o della semina; concimi ritenuti dal potere adsorbente, non sono soggetti a dilavamento. Coltura assente.

-Copertura→eseguita quando la coltura è già in essere, concimi adatti all'assorbimento immediato o posticipato. Di solito sono quelli in forma azotata, parzialmente interrati. Coltura presente, nel suolo.

-Fogliare→concime alla pianta che lo assorbe, tipici delle piante erbacee per superare momenti di stress. Assorbimento immediato; P non è usato perché non è permeabile e non viene assorbito dalla pianta. Usata quando c'è una carenza di microelementi. Coltura presente ma sulla foglia.

La concimazione di una coltura dipende dalla disponibilità di nutrienti del terreno rispetto alla quantità fisica e alla forma chimica presente, dal fabbisogno complessivo della coltura, dal ritmo di assorbimento (curva di assorbimento nel tempo).

Il concime è rappresentato da un titolo (percentuale in peso di uno o più elementi del prodotto) con dei numeri: il primo numero indica l'azoto contenuto, il secondo fosforo, il terzo potassio.

I concimi possono essere: minerali semplici, binari o ternari, in base agli elementi che li compongono; organo-minerali, ottenuti dalla reazione o miscelazione di uno o più concimi organici con uno o più concimi minerali; concimi organici, tra cui letame, liquami (urea), prodotti di origine animali.

Letame: fertilizzante organico costituito dalla mescolanza fisica delle deiezioni solide e liquide + materiale di lettiera (paglia). Letame maturo=non si distinguono i materiali di partenza.

Letame bovino→3,4kg/t di N, 1,3kg/t di P₂O₅, 3,5kg/t K₂O

Letame cavallo→6,7kg/t di N, 2,3kg/t di P₂O₅, 7,2kg/t K₂O

Coefficiente isoumico: letame fresco 0,2-0,3; letame fresco 0,4-0,5.

300-400 quintali per ha di letame per la concimazione.

Liquami: materiale liquido derivante da deiezioni liquide e solide a cui sono unite le acque di lavaggio delle attrezzature. Non sono tarabili, a differenza del letame, gestiti con pompe.

Bovini→2-3kg/m³ di N.

Suini→5-7kg/m³ di N.

L'uso eccessivo di liquami provoca allettamenti o tossicità dei foraggi, accumulo di nutrienti e di metalli pesanti, modificazioni del pH, peggioramento della struttura del terreno, squilibri della microflora, possibile inquinamento delle acque.

L'interramento dei liquami è un'operazione fondamentale per ridurre la perdita di N ammoniacale.

Gestione dei liquami: vasche di stoccaggio (5-6m di h), separatore di materiali (solidi e liquidi) con pompa di omogeneizzazione.

Interramento nel terreno attraverso la macchina con ancore che interrano il liquido, ma non si possono controllare le quantità.

Lo stoccaggio dei liquami è necessario per l'impossibilità di effettuare l'spandimento per l'anno e per l'abbattimento della carica patogena.

Acqua

Elemento essenziale per la vita, la sua presenza sulla Terra è dovuta alla massa della Terra sufficientemente grande da esercitare una gravità sufficiente a trattenere le molecole di acqua allo

stato gassoso; inoltre la distanza del nostro pianeta dal Sole è tale per cui la t sulla Terra permetta la presenza di acqua allo stato liquido.

Acqua è un dipolo con carica positiva e negativa e presenta leg H tra le varie molecole.

Funzioni: solvente ideale, trasporto dei minerali, reagente della fotosintesi, è incomprimibile (conferisce supporto alla pianta).

Nel terreno è la soluzione circolante, che rappresenta il ciclo di vita all'interno del terreno e della coltura, rappresenta fenomeni chimico-fisici e biologici del terreno, è soggetta al potere tampone da parte dei colloidali e al doppio scambio. È soggetta a un serie di forze che causano gli spostamenti, tra cui coesione (dovuta all'attrazione fisica tra molecole di acqua), adesione (interazione dipoli con altri materiali, come microparticelle, struttura del terreno), cariche elettriche. Lo spostamento orizzontale dell'acqua del terreno determina anche lo spostamento verticale e l'insieme di queste forze dà origine al fenomeno di capillarità.

Gli spostamenti dell'acqua del terreno sono rappresentati anche da forze: matriciali, osmotiche (sali disciolti) e gravitazionali.

Variazioni del contenuto idrico del terreno: -aspetto positivo→acqua che entra nel terreno per precipitazioni, irrigazioni, scorrimenti superficiali o profondi, capillarità;

-aspetto negativo→acqua va via per assorbimento piante, per forza gravitazionale, evapotraspirata, per percolazione, ruscellamento.

Stati del contenuto idrico del suolo: capacità idrica massima del terreno=quando tutti gli spazi liberi del terreno sono occupati dall'acqua, in questo caso il terreno è saturo. Capacità idrica di campo=tutti gli spazi dei micropori sono occupati da acqua, mentre macropori liberi; questa acqua dei micropori è quella usata dalle piante, ma non tutta riesce ad essere usata dalle piante (=punto di appassimento), perché c'è una forza igroscopica nel terreno che tiene una parte di quest'acqua e non la concede alle piante. Questa forza dipende dalla natura del terreno. L'acqua che le piante sanno utilizzare si chiama riserva utile.

Nella pianta l'acqua ha funzione: -biochimica→va a organizzare qualsiasi processo internamente alla pianta di ordine biochimica;

-fotosintetica;

-solvente sia per prodotti minerali (assorbiti) sia per prodotti elaborati;

-mantenimento della turgidità data da K^+ ;

-traspirazione.

Trasporto di acqua nella pianta: dovuto a traspirazione: quando perde acqua richiama altra acqua attraverso l'apparato radicale per mantenere l'equilibrio idrico. Per limitare la perdita di acqua la pianta chiude gli stomi.

Fattori che influenzano acqua evapo-traspirata: -biologici=legati al tipo di pianta e al tipo di funzione;

-agronomici=dipende da tecniche usate.

Evapotraspirazione coefficiente colturale determina la quantità di acqua necessaria ogni giorno per poter portare avanti una coltura, composta da evapotraspirazione potenziale e reale. La quantità di acqua evapotraspirata nel giorno dalla coltura è data da $ETR=ETP \times \text{coeff colturale}$.

Irrigazione: tecnica agricola che prevede l'apporto di acqua a un terreno che la necessita. Scopo=eliminare squilibrio climatico tra precipitazioni ed evapo-traspirazione.

In Italia: -zone clima mediterraneo→necessaria irrigazione, zone con piogge estive scarse;

-zone clima temperato→possibile colture estive.

Irrigazione può essere: -normale;

-umettante→per superare momento critico del terreno;

-di soccorso→per superare momento critico delle piante.

Per razionalizzare l'uso dell'irrigazione è importante controllare la qualità chimica e fisica delle acque, la loro temperatura, l'idoneità dei terreni, la convenienza economica dell'intervento.

Fertirrigazione: acqua di irrigazione contiene fertilizzanti, con lo scopo di apportare sostanze nutritive alle colture tramite concimi solubili.

Dilavanti: terreni marini ricchi di Na (=eccesso salinità), quindi si deve discioglierlo e l'acqua che precipita lo trasporta con sé.

Irrigazione termica: scopo di modificare la temperatura del terreno con irrigazione continua (marcita).

Irrigazione antibrina: continua irrigazione di poggia sulle piante per proteggerle; si crea ghiaccio attorno al fiore.

Azione climatizzante dell'acqua: scopo di controllare le condizioni ambientali (temperatura e UR).

Sistemi di irrigazione: acqua nel terreno si può spostare: -irrigazione a scorrimento, per forza di gravità (sistema a gravità)→dipende dalla qualità del terreno, dalla lunghezza e dalla tipologia e dalla portata di acqua (portata deve essere molto abbondante). Svantaggi=erosione del suolo, non adatto a terreni argillosi. Vantaggi=permette la gestione di portate elevate.

-irrigazione per sommersione→risaie;

-laterale;

-a pressione→motore che spinge l'acqua è meccanico o elettrico. Svantaggi=vento fa spostare l'acqua;

-microirrigazione→irrigazione a goccia a bassa pressione. Vantaggi=massima efficienza idrica, massimo rendimento.

Lavorazione del terreno

Interventi agronomici eseguiti dall'uomo sul suolo con attrezzi e macchine; sono operazioni meccaniche con lo scopo di favorire il raggiungimento della massima produzione, modificando la struttura del suolo, preparando un ambiente idoneo e aumentando la permeabilità. Alcuni tipi di lavorazioni interrompono l'interruzione della capillarità del suolo in superficie, limitando l'evaporazione, portano l'interramento dei fertilizzanti e concimi e influenzano lo stato termico e le proprietà chimiche del suolo.

I limiti di queste lavorazioni sono: destrutturazione del suolo, eccessiva aerazione, fenomeni di erosione, costi energetici sempre più elevati.

Tipi di macchine: aratro da scasso (lavoro di scasso), attrezzatura che veniva usata in alcune località quando venivano fatti impianti arborei; aratro reversibile; ripuntatore o scarificatore; vangatrice meccanica; aratro a dischi, usato per suolo sciolto per terreni in cui si ha una coltura annuale; frangizolle=macchine post-aratura, per iniziare a preparare il letto di semina; erpice rotativo=ultimo passaggio prima della semina, prepara letto di semina definitivo, ha denti perpendicolari che sminuzzano il terreno incrociandosi; fresa; spianone=usato per preparare il letto di fondo per il riso, si compatta il terreno. Macchine combinate composte da diversi organi insieme, che facilitano e accelerano il processo di semina.

Lavorazione a due strati: uso ripuntatore poi l'aratro, con i vantaggi di arrivare a una profondità maggiore nel suolo, diminuire i costi energetici e non ribaltare gli strati.

Minimun tilleg: minima lavorazione, ridurre la lavorazione del suolo negli spazi in cui si effettua la semina, in modo che la pianta venga agevolata per la fuoriuscita.

Infestanti

Dal punto di vista agronomico per infestante si intende qualsiasi pianta che si sviluppano all'interno di una specie coltivata, provocando un danno economico. L'infestante interferisce negativamente sulla coltura, provoca danni: -diretti→competizione per le risorse ambientali, emissione di sostanze tossiche, ostacolo alle operazioni colturali, rifugio per parassiti e patogeni; -indiretti→inquinamento del prodotto da residui colturali di queste piante, deprezzamento qualitativo del prodotto, danni al bestiame per presenza di tossine prodotte da alcune specie, danni in campo extragricolo.

Mezzi di lotta: lotta agronomica con diversi interventi, tra cui l'impiego di semente esente da semi estranei, distribuzione di letame maturo, cura della pulizia dei canali, scelta di avvicendamenti colturali, lavorazione accurata e profonda, evitare l'uso di motozappe, falsa semina (usata da agricoltura biologica).

Mezzi di lotta fisici senza intervento chimico: pacciamatura (corteccia, film plastico; limita perdita di acqua per evaporazione, uscita di infestanti fuori dalla riga e uso irrigazione a goccia), solarizzazione (film di plastica per portare la t del suolo a 45° per abbattere gli infestanti), pirodiserbo (diserbo con l'uso del calore), sarchiatura (attrezzo meccanico che si usa fra le righe di piante), estirpatura.

Mezzi di controllo chimico: uso di diserbanti totali, che agiscono su tutta la vegetazione, o selettivi, se colpiscono solo le erbe infestanti rispettando la coltura principale.

Requisiti per un diserbante: avere un ampio spettro di azione, essere molto selettivo, non essere dannoso per operatori e consumatori, non lasciare residui sulle colture, avere un impatto ambientale minimo, possibilità di impiego flessibile, elevata efficacia in relazione al costo per ha, essere facilmente miscibile con altri prodotti.

Oltre al principio attivo del diserbante vengono aggiunti 3 prodotti coadiuvanti, che sono attivanti (incrementano l'efficienza del principio attivo), adesivanti (incrementano persistenza), bagnanti o tensioattivi (incrementano adesione), stabilizzanti o emulsionanti (danno stabilità alla miscela).

Tipo di selettività: -di contatto-quando non si colpisce la pianta coltivata;

-meccanica;

-ritenzione- legata alla diversa capacità di assorbimento dei principi attivi;

-per stratigrafia-sfrutta la diversa posizione di principio attivo e degli organi di assorbimento;

-fisiologica.

Modalità di distribuzione: -su terreno-quando terreno deve ancora ricevere la coltura (pre-trapianto/pre-semina con il vantaggio di poter usare prodotti fitolabili con impatti ambientali bassi e lo svantaggio di ritardare la semina, prevedendo prima la quantità di semina), o prima dell'emergenza (mais; vantaggi=eliminare competizione con le infestanti, periodo di intervento lungo; svantaggi=possibile rinvio per precipitazioni e meno efficacia del trattamento sempre per la pioggia), o post-emergenza (vantaggi=si effettua solo se necessario, si colpiscono solo le piante presenti; svantaggi=poco efficace se troppo tardiva, terreni non sempre praticabili, possibili danni alle colture in atto).

-a coltura in atto.

Colture erbacee

Soia: è una leguminosa, ovvero vive in simbiosi con i rhizobium, a due cotiledoni, estiva annuale (=macroterma). Pianta da granella, oleifera-proteginosa, cioè ricca di olio e proteine. La quantità di proteine (40%) e lipidi (20%) influenza la RUE (efficienza dell'uso della radiazione), infatti per questa pianta leguminosa e di tipo C3 ha valori bassi, ciò significa che la biomassa prodotta da questa coltura è minore rispetto ad esempio a una pianta C4.

Seminata ordinariamente: soia primo raccolto da metà maggio alla fine usando 70kg di semi per ha; soia secondo raccolto 40-45semi per m². Distanza di semina: righe distanti 30-35cm, quindi per m² circa 30-35 semi per far emergere 30-35 piante. Soia 40 quintali/ha per primo raccolto, 30/25 quintali/ha per secondo raccolto; ha, quindi, un HI (rapporto biomassa utile/biomassa totale che fa capire il rendimento nel tempo delle colture) tra 0,45 e 0,55. In ogni caso poiché nel territorio è assente il batterio specifico, il seme deve essere trattato con interventi inoculanti con substrato contenente il batterio rhizobium.

Per quanto riguarda il fotoperiodismo si parla di pianta brevidiurna, poiché fiorisce quando la lunghezza del giorno scende al di sotto di 12 ore di luce, anche se in realtà il fotoperiodo varia a seconda della varietà.

In generale l'emergenza della soia è delicata, perché deve assorbire molta acqua (pari al suo peso) e quando emerge emergono i cotiledoni, infatti i suoi semi sono fermati dai cotiledoni; successivamente quando esce emette le radici. Si diserba o in pre-emergenza, o post-emergenza (meglio perché vedo i tipi di infestanti presenti). La soia non si concima con N, è indipendente da questo tipo di concimazione in quanto leguminosa.

Soia pianta cespitosa con diverse ramificazioni, diventa alta 1,2m. Si divide in gruppi di appartenenza: gruppi 0 più veloci, gruppi 1 più lenti. Presenta foglie con peli e stomi sia sulla pagina superiore che inferiore. Fioritura indeterminata, ovvero c'è una sola epoca di fioritura, ci mette circa 40 giorni; i fiori sono poco visibili, raccolti in racemi. Al momento della raccolta avremo sia bacelli maturi che non, quindi è importante che sia uniforme e avviene di solito a fine settembre/metà ottobre, quando tutte le foglie sono già cadute e il contenuto di umidità è del 13%.

La soia è una pianta industriale destinata all'estrazione di olio, farine e pannelli di estrazione ed è molto importante per l'alimentazione zootecnica. Con pannello di estrazione si intende il sottoprodotto del seme quando viene schiacciato per far uscire l'olio; mentre la farina di estrazione, ottenuta da un estrattore chimico che estrae olio e rimane proteina.

Più del 90% (di cui la maggior parte è un prodotto OGM) della produzione di soia è destinata all'alimentazione, ma quella cruda contiene prodotti anti-nutrizionali, che limitano l'assorbimento delle proteine, quindi viene trattata per eliminare questi fattori.

Erba medica: pianta C3 leguminosa poliennale, ciò vuol dire che dura nel terreno 3 anni; costituisce i più importanti prati monofiti avvicendati in Italia, quindi entra negli avvicendamenti colturali. Inoltre è pianta polisfalco, infatti nell'annata agricola in cui viene coltivata riesce a produrre 4-5 polisfalci all'anno ed è sfalciata ogni 30-35 giorni, quindi può essere definita vivace, perché dotata della corona basale, una zona ibrida formata a livello del colletto di tessuti meristematici dell'apparato radicale e del fusto, che hanno la funzione di non far morire la pianta dopo la falciatura, grazie al loro differenziamento successivo.

Nel fusto presenta molte foglie trifogliate (ogni foglia ha 3 foglie distinte), che contengono un alto livello di N concentrato, quindi è importante che nell'agrotecnica di coltura sia contemplato un sistema per non far perdere le foglie, perciò universalmente viene adottata la falcia

condizionatrice, macchina che sfalcia e schiaccia il prodotto creando microferite sul fusto, da cui esce l'acqua, in modo che il processo di fienagione venga accelerato e si raggiunga l'uniformità del processo di essiccazione di foglie e fusto.

Si semina 1500-2000 semi per m² (30/40kg per ha), file distanti 10-12cm alla profondità di 1cm, a fine febbraio/metà marzo in terreni umidi. Buon medicaio ha circa 120-150 piante per m².

Fienagione in due tempi: I parte in campo, II parte quando 30-35% di umidità la faccio con strumenti aziendali. Il prodotto max durante l'anno: I sfalcio 30-35% di fieno; in tot circa 150-160 quintali/ha all'anno di fieno.

Per quanto riguarda la fertilizzazione solitamente non si apporta N, in quanto il fabbisogno viene soddisfatto dal rizobio, mentre è molto importante l'apporto di fosforo prima della semina, che aumenta il n di noduli e la loro grandezza e quindi aumenta anche la quantità di N assorbita per fissazione biologica, ma il potassio è l'elemento apportato in maggiore quantità, poiché aumenta la resistenza al freddo e diminuisce la probabilità di malattie.

Conservazione: fieno secco si conserva quando l'umidità è al 14-15%; o uso di balloni fasciati: si porta l'umidità a 25-30% e per non farla marcire si imballa e diventa microsilo, così si abbassa il pH per garantirne la conservazione. Molte varietà di vengono con microconcime e rhizobium specifico attorno al seme. In America viene disidratata a bassa umidità, conservata a 4-5% di umidità per molto tempo.

Medica nella razione alimentare 3-4kg per capo bovino. Non è adatta al pascolo perché ricca in saporine, che fermentano se viene data fresca.

L'erba medica viene considerata la foraggera più importante, in quanto ad essa sono associate caratteristiche vantaggiose tra cui alta produttività, alto valore nutritivo, influenza positiva sulla fertilità del terreno, resistenza alla siccità e capacità azotofissatrice.

Mais: graminacea, macroterma, annuale, C4, costituisce un cereale estivo adatto a produrre granella o cereale foraggero. Ha il culmo che si alza dal basso verso l'alto, quindi l'organo che si distende è l'internodio basale, l'ultimo è l'apicale che riporta il pennacchio. Pianta monoica dicline=presenza di organo femmine e maschile distinti sulla stessa pianta; proterandra=pianta nella quale parte del fiore maschile del pennacchio fiorisce prima del fiore femminile, questa caratteristica è fondamentale per la differenziazione parietale del mais, che ha quindi una variabilità genetica molto ampia (eterogramma=impollinazione con polline appartenenti a fiori di altre piante). Se mais è destinato alla raccolta della granella si seminano 6/7 piante per m², file distanti 70cm, mentre per la raccolta a trinciato 7/8 piante; profondità max degli apparati radicali 1,6m. Seminata da fine marzo a fine giugno e a seconda dell'epoca di semina si distingue in 2 categorie: principale e di secondo raccolto. Viene diserbata in pre e post emergenza, in fase di levata si apporta N (importante per resa produttiva) e subisce 4/5 irrigazioni l'anno (dipende da località). Ci sono 2 modi di raccolta del mais e di gestione: raccolta delle granelle e raccolta della pianta. Granella usata in 3 modi distinti: secca (mais raccolto al 20-22% umidità e questa si porta al 15% per la conservazione) produce 130 quintali per ha, pastone di granella umida (granella macinata, insilata diventa pastone, usato per i suini perché ricco di fibre) o pastone di pannocchia (raccolgo l'intera pannocchia e la macino completamente, destinato a bovini da latte e da ingrasso). In generale le granelle contengono 80% carboidrati e 10% proteine. Trinciato, maturazione cerosa: si raccoglie l'intera pianta trinciata, che è destinata all'insilamento ed è destinata a fare la foraggiata. A seconda del tipo di trinciato di producono 300-400 quintali ha di trinciato. Più del 60% di mais è destinato all'alimentazione zootecnica.

Con la selezione del mais si è cambiato l'angolo di incidenza del fotone sulle foglie, in modo da aumentare l'assorbimento dell'energia, e quindi la pianta presenta foglie dritte. Il LAI (rapporto tra i m² di foglia/m² di superficie) durante le prime fasi del ciclo biologico è molto basso, ma durante la max espansione raggiunge i val 4,5-6; ciò ha influenzato la PAR (radiazione solare usata per la fotosintesi) giunto al 7,5%. Mais a granella matura ha valori di HI (rapporto biomassa utile/biomassa totale che fa capire il rendimento nel tempo delle colture) di 0,5, mentre l'insilato raggiunge il valore 1.

Frumento: cereale vernino, pianta C3, microterma, adatta alla semina autunnale. Pianta costituita fisicamente da apparato radicale fascicolato e culmo che porta alla fine una spiga terminale. Il culmo è composto da un insieme di strutture che crescono e si allungano nella pianta prima della fase di levata. Nella I fase, quella di accostamento, dato un chicco di seme nasce una piantina con diverse spighe, a seconda del n di culmi creati dal cespo basale, che hanno in comune solo apparato radicale, mentre per il resto sono indipendenti. Le spighe non hanno peduncolo; ogni spiga presenta due o tre grumelle che emettono fiori.

Semina in autunno con macchina, si parla di piante che emergono per ha (450/500 spighe per m²), 250/300 semi per ha per limitare al minimo l'accostamento (per ogni pianta seminata al max 1

pianta accestita); distanza 12-15 cm e la profondità max che raggiunge l'apparato radicale è di 1,2m. La pianta raggiunge 70-80cm di altezza e un HI di 0,5. Le principali fasi enologiche del frumento sono: emergenza, accestimento (autunno/primavera; emette altri culmi), viraggio, levata (l stadio internodo basale si allunga poi emette la foglia, ogni internodo emette una foglia, ultimo internodo emette spiga terminale), spigatura, fioritura, maturazione latteata, maturazione cerosa (40% umidità) e maturazione fisiologica (30% umidità). Durante l'inverno è importante il periodo di vernalizzazione, perché il processo differenziazione avviene a t basse; il n culmi, di nodi, tipo di spiga sono determinati da freddo invernale.

Fecondazione frumento: frumento pianta cleistogama=fecondazione avviene con spighe chiuse, autogama, polline del medesimo fiore si feconda (autofecondazione). Ciò significa che tutte le varietà erano ecotipi=selezione genetica fatta dall'ambiente. Le varietà sono difficilmente alleltabili.

Fondamentale la concimazione con N a lento rilascio a metà marzo per aumentare il contenuto proteico. La raccolta avviene a maturazione piena con umidità al 12-13%.

Frumento duro: qualità aristata; fa semola; vitreo. Tenero: qualità quasi tutte mutiche; fa farina; non vitreo.

Più del 60% di frumento è destinato all'alimentazione zootecnica; la finalità è il cereale zootecnico, usato nella razione alimentare del bovino. Si raccoglie in fase di maturazione cerosa della granella con la trincia e viene raccolta tutta la pianta, che poi verrà insilata.

Per quanto riguarda il prodotto finale della granella si producono imballaggi di paglia.

Frumento produce 8800 kg/ha di granella e 9000 kg di paglia; la granella secca produce 70/75 quintali per ha. Per un'agricoltura intensiva si hanno 7500 kg/ha anno.