

Avvicendamento e consociazione

- ✓ L'**avvicendamento** (o **rotazione**) consiste nel coltivare un terreno (campo) con una successione di colture diverse in modo che una stessa specie torni su uno stesso terreno a intervalli opportunamente lunghi.
- ✓ La coltura ripetuta o **monosuccessione** viene realizzata quando in un campo dell'azienda una stessa coltura succede a se stessa per uno o più anni.
- ✓ La **monocoltura** consiste nella coltivazione di un'unica specie nell'intera azienda: si può avere avvicendamento con monocoltura se un anno l'intera superficie aziendale viene coltivata con un'unica specie e l'anno successivo con un'altra.

L'avvicendamento

L'avvicendamento può essere realizzato:

- ✓ coltivando in un'azienda una sola specie per anno o,
- ✓ coltivando ogni anno tutte le specie incluse nell'avvicendamento in modo che "ruotino" nei diversi campi dell'azienda in una successione ordinata.
- ✓ Avvicendamento: ordinata successione delle colture nel tempo e loro organica distribuzione nello spazio.
- ✓ Quando una delle coltura ha una valenza economica superiore (le cosiddette '*cash crops*') si tende a darle uno spazio maggiore o addirittura a passare alla monocoltura.

Gli avvicendamenti

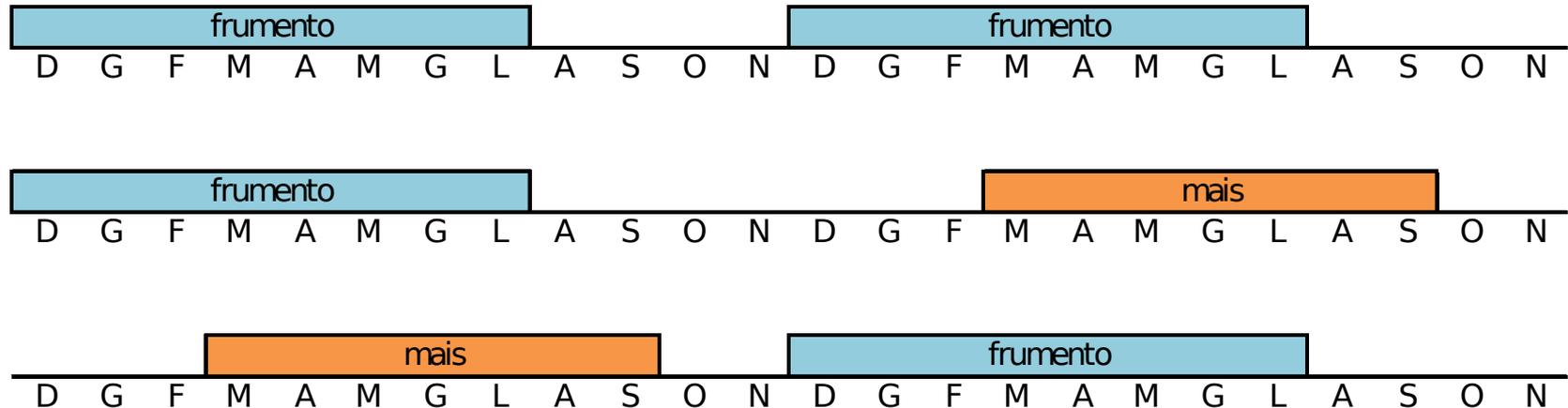
Lo schema generale dell'avvicendamento può variare per il numero di colture, la loro durata e la loro relativa estensione dando luogo a infinite combinazioni:

- ✓ avvicendamento **a ciclo chiuso**: l'alternanza delle colture presenti in un determinato campo dell'azienda segue un ordine prestabilito per cui una specie "ritorna" nello stesso campo dopo un preciso numero di anni,
- ✓ avvicendamento **a ciclo aperto** o **libero**: l'alternanza delle colture non segue un ordine prestabilito

Gli avvicendamenti

Tra le colture incluse nelle rotazioni:

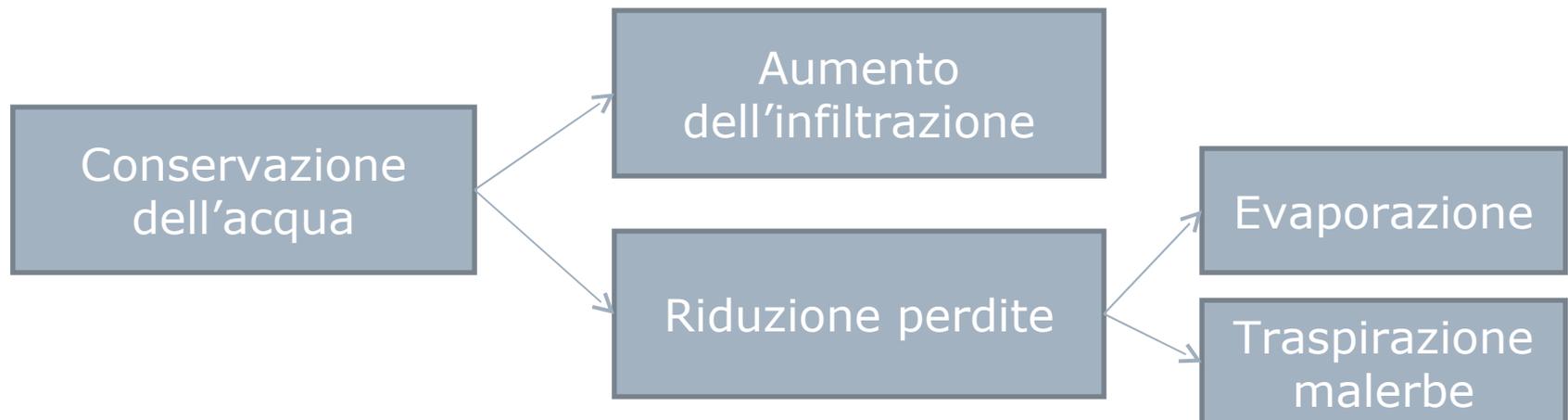
- ✓ quelle che occupano il terreno per una o più annate agrarie sono dette **colture principali**,
- ✓ in contrapposizione con le **colture intercalari** che vengono talvolta praticate nell'intervallo di tempo che separa due colture principali. Si tratta di colture a ciclo breve per lo più destinate alla produzione di foraggio (erbai estivi, autunnali, autunno-vernini) dal momento che il tempo disponibile tra due colture principali è spesso poco



-
- ✓ In base alla durata, cioè agli anni che intercorrono tra una coltura ed il ritorno della stessa nel campo, le rotazioni si distinguono in **brevi** quando si svolgono in due o tre anni, **medie** quelle il cui ciclo si compie in 4 - 6 anni e **lunghe** quelle che oltrepassano i sei anni.
 - ✓ Le rotazioni sono **continue** quando le colture si succedono senza interruzioni, e **discontinue** quando il terreno resta, a turno, improduttivo (maggesi o riposo).

Il maggese nell'avvicendamento

- ✓ Antichissima pratica agricola, il maggese consiste in una **serie di lavori miranti a mantenere smosso e libero da infestanti un terreno non coltivato per un'intera annata agraria allo scopo principale di migliorare lo stato idrico del terreno nei climi semi-aridi.**
- ✓ Attualmente scomparso in Italia, è un avvicendamento molto utilizzato nelle regioni di transizione tra i climi aridi e i climi semiaridi (da 250 a 400 mm nel caso di piogge invernali).
- ✓ L'acqua conservata durante il maggese può essere utilizzata dalla coltura che viene seminata subito dopo. In tal modo in due anni si produce un solo raccolto, quasi sempre di cereali, raccolto che beneficia delle precipitazioni cumulate dei due anni.

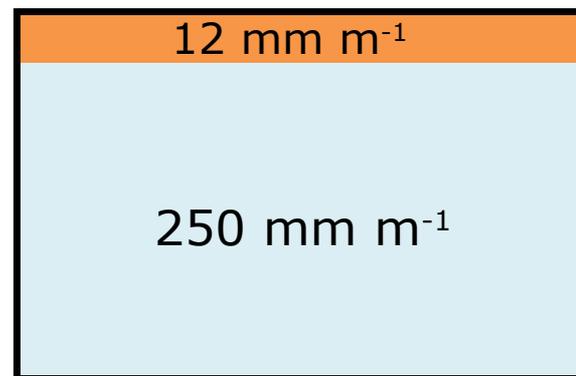


Riduzione perdite idriche per evaporazione

- ✓ Le continue lavorazioni interrompono la continuità capillare fanno sì che, una volta che lo strato superficiale lavorato si asciuga, il flusso idrico dell'acqua sottostante verso la superficie del terreno sia estremamente ridotto.



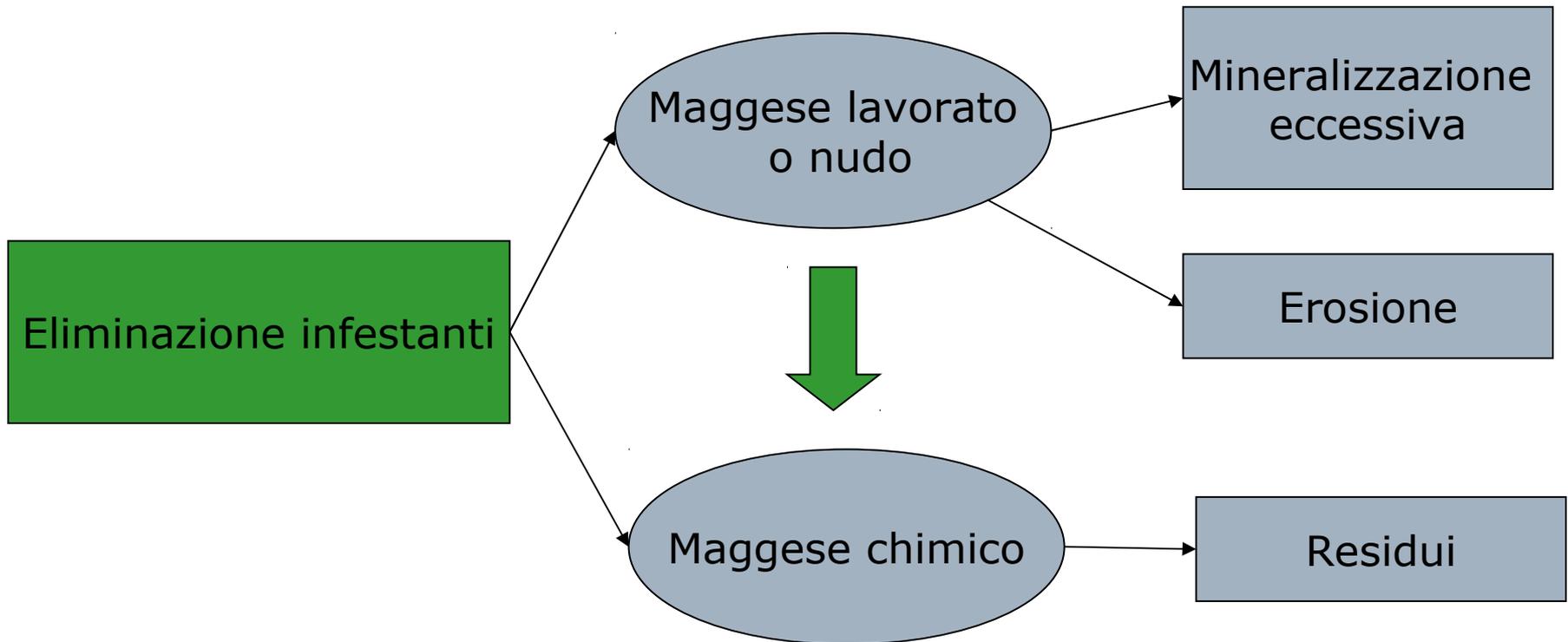
Terreno sabbioso



Terreno argilloso

Riduzione perdite idriche per traspirazione

- ✓ Rispetto all'evaporazione, le perdite idriche per traspirazione da parte delle infestanti sono ancora più importanti perché gli apparati radicali di queste piante attingono anche all'acqua in profondità.



Il maggese nell'avvicendamento

Il maggese può avere anche altri effetti positivi a livello di:

- ✓ **nutrizione azotata e sostanza organica**: il maggior contenuto idrico del terreno favorisce la mineralizzazione della sostanza organica che si traduce in un aumento del quantitativo di azoto nitrico del terreno.
- ✓ **migliorato controllo delle infestanti per la coltura successiva**: le infestanti che nascono sono distrutte attraverso le lavorazioni (maggese lavorato) o il ricorso al diserbo chimico (disseccanti o sistemici con le poliennali);
- ✓ **riduzione dei patogeni** presenti nel terreno.

Il maggese nell'avvicendamento

- ✓ L'opportunità di ricorrere al maggese va attentamente valutata in relazione alla **quantità d'acqua che si presume di accumulare** in base alla probabilità delle piogge e alla capacità di ritenzione idrica del terreno.
- ✓ L'efficienza del maggese dipende dal **tipo di terreno**, dalla **quantità e distribuzione delle piogge** e dall'**ETP**.
- ✓ **In ambienti con piogge invernali** il maggese nudo primaverile estivo ha il principale effetto di prevenire la traspirazione dell'acqua accumulata nel terreno prima dell'inizio del maggese in misura tanto maggiore nei terreni con elevata capacità di ritenzione idrica.
- ✓ **In regioni con piogge estive**, l'efficienza del maggese estivo nel conservare l'acqua può essere ridotta a causa degli elevati valori di ETP.

Avvicendamento vs monosuccessione

- ✓ Non necessariamente l'avvicendamento è da preferire alla monosuccessione, anche perché una coltura può esercitare effetti deleteri sulla coltura successiva sia che questa appartenga alla stessa che a un'altra specie.
- ✓ L'avvicendamento può essere benefico, economicamente conveniente nel lungo periodo ed ecologicamente sostenibile **solo se realizzato seguendo dei principi fondamentali che consentono di sfruttarne i potenziali vantaggi.**

Avvicendamento vs monosuccessione

Vantaggi potenziali dell'avvicendamento

Mantenimento o miglioramento della fertilità del terreno e uso efficiente degli elementi nutritivi e dell'acqua

Prevenzione della diffusione di patogeni, infestanti e malattie

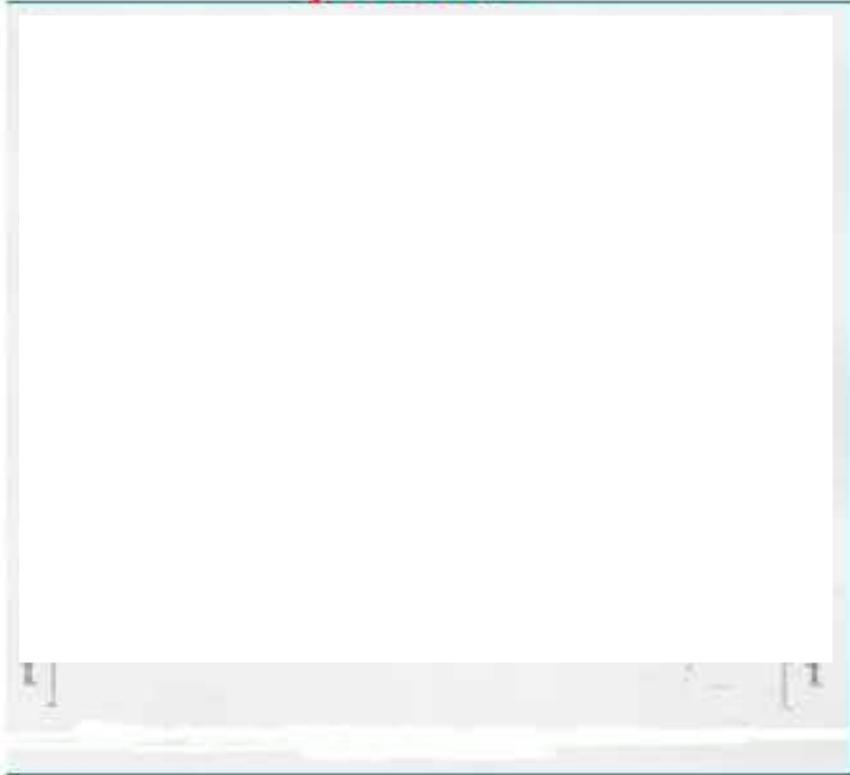
Controllo dell'erosione

Avvicendamento e fertilità del terreno

Il mantenimento ed eventuale miglioramento della fertilità del terreno viene solitamente realizzato inserendo negli avvicendamenti:

1. Una **leguminosa** che accresce, almeno potenzialmente, il contenuto di azoto del terreno (in generale, le leguminose da foraggio lasciano nel terreno più azoto di quelle da granella).
2. Il **maggese**
 - a. Per migliorare il bilancio idrico nelle regioni di transizione dai climi aridi ai semi-aridi
 - b. Per favorire l'accumulo di nitrati per la coltura successiva nelle regioni semi-aride con piogge superiori a 400 mm.
3. Una **coltura in asciutto in un'azienda irrigua**: l'irrigazione continua causa problemi sanitari e un sensibile peggioramento della struttura del terreno. l'inclusione nell'avvicendamento di una coltura asciutta che consenta di asciugare completamente il profilo del terreno e favorisca l'instaurarsi di cicli di disseccamento e inumidimento é il modo migliore per risanare il terreno e migliorarne la struttura.

strati radicali adulti di alcune importanti
varietà radicali adulti di alcune importanti
erbe erbacee cresciute in terreno fertile e
profondo



fertilità del terreno

colture con notevole sviluppo all'apparato radicale

possono assorbire elementi nutritivi dagli strati più profondi del terreno e renderli disponibili per la coltura in successione con un apparato radicale più superficiale.

Certe colture a radice fittonante profonda come sulla, bietola o erba medica possono modificare in meglio la permeabilità e la porosità degli strati di terreno più profondi.

**colture capaci di assorbire
elementi scarsamente disponibili
dal terreno:** in terreni carenti in un particolare micronutriente, è possibile che la coltura in precessione possa avere un effetto considerevole sulla disponibilità di tale elemento per coltura successiva.

Avvicendamento, bilancio idrico e erosione

Il **bilancio idrico** del terreno può essere migliorato attraverso l'inserimento:

- ✓ del **maggese**;
- ✓ di **colture sfalciate in fase vegetativa** che lasciano nel terreno un'umidità residua superiore a quella che lascia una coltura raccolta a completa maturazione contribuendo a conservare l'acqua del terreno da una stagione piovosa alla successiva.

Bilancio idrico ed **erosione** si avvantaggiano dell'inserimento

- ✓ di **colture che lasciano abbondanti residui** (migliore infiltrazione, minori danni strutturali, minore evaporazione dalla superficie), che **coprono il terreno nei periodi di maggiore piovosità**, che **garantiscono una rapida copertura del terreno** e abbiano una **canopy densa**.

Avvicendamento, patogeni e infestanti

- ✓ La monosuccessione favorisce l'instaurarsi di una popolazione infestante o patogena specifica e talvolta anche la selezione di ceppi resistenti ai prodotti chimici.
- ✓ L'avvicendamento di colture suscettibili e colture resistenti previene l'accumulo di patogeni, infestanti e malattie specifiche di una coltura che si diffondono attraverso il terreno
- ✓ E' risultato efficace nel controllo di alcuni dei più pericolosi patogeni del terreno e particolarmente utile nella lotta ai nematodi che attaccano le radici di colture a ciclo annuale (inserimento del maggese asciutto nella rotazione).
- ✓ E' poco efficace quando il problema è rappresentato da patogeni polifagi, in particolare se saprofiti o con organi di propagazione molto persistenti.
- ✓ Problema: colture suscettibili a molti patogeni rappresentano delle pericolose precessioni. La soia, ad esempio, può lasciare nel terreno residui infettati da pressoché tutti i principali patogeni del terreno con ampi *range* di ospiti.

Avvicendamento vs monosuccessione

Vantaggi potenziali	Principi fondamentali
Assicurazione di un programma di lavoro bilanciato nel corso dell'intero anno	Alternare colture con diversi momenti di massima richiesta di acqua, lavoro ecc.
Evitare o limitare periodi di richiesta eccessiva di acqua per l'irrigazione	
Flessibilità e quindi possibilità di adeguamento ai mutamenti del mercato (minori rischi)	

I vantaggi della monosuccessione

- ✓ I profitti possono essere maggiori se la coltura scelta è la più remunerativa o tra le più remunerative in quel sistema colturale.
- ✓ Un terreno può essere particolarmente adatto a una specifica coltura.
- ✓ Le condizioni climatiche potrebbero favorire una coltura rispetto a tutte le possibili alternative.
- ✓ Gli investimenti in macchine possono essere inferiori.
- ✓ L'agricoltore può specializzarsi sulla unica specie che coltiva. Per contro è necessario che sia anche molto competente in generale per gestire i maggiori problemi legati a patogeni, erosione, concimazione.
- ✓ L'agricoltore potrebbe non essere disposto all'impegno continuo che l'avvicendamento richiede.

Scelta dell'avvicendamento

La scelta dell'avvicendamento è estremamente dipendente:

- ✓ dalla capacità di adattamento delle diverse specie alla specifica situazione pedo-climatica (temperatura, disponibilità idrica),
- ✓ dal contesto economico (richiesta del mercato)
- ✓ dal contesto sociale (dieta prevalente).

Esempi di avvicendamenti nelle regioni semi-aride

Gli avvicendamenti più frequentemente adottati nelle regioni semi-aride prevedono in genere **un cereale** come coltura principale e le specie avvicendate dipendono dalla disponibilità di acqua per l'irrigazione nel periodo estivo:

- ✓ **in assenza di irrigazione:**
 - ✓ ***cereale autunno-vernino*** (*frumento, orzo, triticale, avena*) – ***leguminose microterme*** (*cece, lenticchia, favino, lupino o pisello*). L'orzo tende a sostituire il frumento, e la lenticchia a prevalere tra le leguminose nelle zone con minore piovosità (inferiore a 350 mm);
 - ✓ ***frumento-colza***.

Avvicendamenti senza irrigazione

frumento cece



Avvicendamenti senza irrigazione

- ✓ **frumento-colza.** Il colza è un'ottima precessione per il frumento grazie alla radice fittonante e al fatto che i suoi residui colturali esplicano un effetto di risanamento nei confronti dei patogeni del terreno. Problema: lo sgranamento dei frutti del colza favorito da temperature elevate e bassa umidità relativa al momento della raccolta (fine giugno), può trasformare questa precessione nella principale infestante del frumento in successione.



Avvicendamenti con irrigazione

- ✓ **cereale autunno-vernino - cereale estivo** (*mais, sorgo*):
 - ✓ la semina del cereale estivo deve essere quanto più precoce possibile, sia per ridurre l'incidenza di attacchi di insetti nocivi sia per avere a disposizione una più lunga stagione di crescita;
 - ✓ questo tipo di avvicendamento prevale nelle aziende zootecniche, per cui può essere opportuno utilizzare il cereale autunno-vernino per l'insilamento a maturazione latteo-cerosa (triticale) o ricorrere a una specie a maturazione precoce come l'orzo se se ne vuole utilizzare la granella.
 - ✓ Le lavorazioni conservative sono particolarmente utili per ridurre i tempi tra una coltura e la successiva.



Avvicendamenti con irrigazione

- ✓ ***cereale autunno-vernino – ortiva***
(*pomodoro*), con trapianto del pomodoro nel mese di luglio. Ottimo nel migliorare la fertilità chimica del terreno (il pomodoro lascia nel terreno abbondanti elementi nutritivi residui). Tempo a disposizione tra le due colture ridotto;



Avvicendamenti con irrigazione

- ✓ ***frumento–barbabetola da zucchero***: molto diffusa in Sardegna quando esisteva la possibilità di conferire il fittone della barbabetola allo zuccherificio di Villasor, è stata abbandonata con la chiusura dello zuccherificio.



La consociazione

- ✓ ***Coltura specializzata:*** le varie specie previste nell'ordinamento colturale vengono seminate o piantate in purezza su campi distinti.
- ✓ ***Coltura consociata (intercropping):*** sullo stesso appezzamento sono coltivate due o più specie.

Competizione inter-specifica vs intraspecifica

- ✓ Le risorse oggetto della competizione sono le stesse: radiazione, CO₂, acqua, elementi nutritivi.
- ✓ **Competizione intra-specifica**: le piante sono uguali, hanno tutte le stesse esigenze e la stessa capacità di competere e quindi, pur dando luogo ad una competizione intensa si spartiscono in modo pressoché equo le risorse a disposizione e attingono alle stesse nicchie ambientali.
- ✓ **Competizione interspecifica**: esiste la possibilità che le diverse specie consociate siano diverse in morfologia, sviluppo, tolleranza a fattori ambientali ecc. e quindi si differenzino nel tempo o nello spazio per quanto riguarda le nicchie ambientali alle quali attingono e l'efficienza con la quale sono in grado di acquisire le risorse.

La complementarietà

- ✓ Quando due specie attingono a nicchie diverse e sono perciò in grado di sfruttare maggiormente le risorse ambientali disponibili
 - ✓ perché insieme riescono ad accedere ad una maggiore quantità di risorse
 - ✓ perché fanno un uso più efficiente di ciascuna unità di risorsa,
sono **complementari**.

- ✓ La consociazione è vantaggiosa ogniqualvolta la complementarietà tra le specie consociate è tale da consentire un miglior sfruttamento delle risorse che si traduce in un vantaggio a livello produttivo.

Misura della complementarietà

- ✓ La consociazione è vantaggiosa quando consente di ottenere *produzioni che per quantità, qualità o valore sono superiori a quelle che si avrebbero coltivando le stesse specie in coltura specializzata su equivalenti superfici di terreno.*
- ✓ Il successo di una consociazione può perciò essere valutato confrontando la produzione delle specie in monocoltura con quella ottenuta in consociazione.
- ✓ Si consideriamo due specie che contribuiscono ciascuna per il 50 % alla realizzazione del miscuglio. Se ciascuna delle due specie producesse 0.6 volte quello che produrrebbe in monocoltura, 1 ettaro di consociazione fornirebbe una resa totale pari alla somma di 0.6 ha di A e di 0.6 ha di B, ovvero una resa pari a quella ottenibile con 1.2 ha delle specie allevate in purezza.

Differenziazione delle nicchie

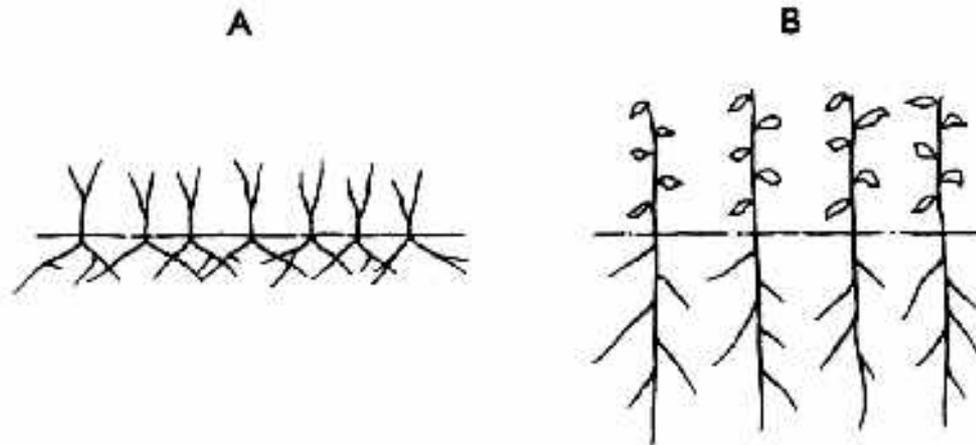
La complementarietà nell'uso delle risorse può essere raggiunta in due modi:

- ✓ pur coabitando le due specie utilizzano spazi diversi, e quindi lo spazio totale della consociazione è superiore a quello occupato dalla somma di quello delle singole specie (**differenziazione delle nicchie nello spazio**)
- ✓ le due specie coabitano per un breve periodo consentendo di allungare i tempi di utilizzazione delle risorse (**differenziazione delle nicchie nel tempo**).

Differenziazione nello spazio

- ✓ L'unico modo per due colture coabitanti di differenziare le proprie nicchie è quello di acquisire le risorse da luoghi diversi.
- ✓ Una tale complementarietà è praticamente assente per quanto riguarda le risorse atmosferiche quali radiazione e CO₂, dal momento che basta una copertura completa del terreno per raggiungere la massima acquisizione di queste risorse, sia con una coltura in purezza che con una consociazione.
- ✓ La complementarietà nello spazio si può esprimere solo per le risorse acquisite dal terreno, ossia acqua ed elementi nutritivi.

Differenziazione nello spazio



- ✓ La consociazione di queste due specie potrebbe consentire di sfruttare in misura maggiore le disponibilità idriche e nutritive del terreno rispetto alle due specie in coltura pura.
- ✓ Il successo di una consociazione di questo tipo è legato a quanto gli apparati radicali sono diversi e al livello della risorsa.
- ✓ In generale, ***più sono limitate le risorse del terreno, maggiori sono i vantaggi derivanti dalla complementarietà***

Differenziazione nello spazio

- ✓ La maggior quantità di elementi nutritivi è solitamente concentrata negli strati superficiali del terreno ed è accessibile quindi alla maggior parte delle specie, contrariamente all'acqua, che è distribuita lungo tutto il profilo di terreno.
- ✓ E' per questo motivo che è più probabile che la complementarietà spaziale riguardi l'acqua che non gli elementi nutritivi, almeno in tutte quelle consociazioni che non combinano una leguminosa con una non-leguminosa.

Differenziazione nello spazio

- ✓ Anche l'interazione tra leguminose e non-leguminose può essere considerata come un caso dell'uso di spazi diversi dal momento che le non-leguminose dipendono dall'azoto del terreno, mentre le leguminose ne ottengono la maggior parte dall'atmosfera.
- ✓ Il successo della consociazione leguminose-cereali è tanto maggiore quanto minore è la disponibilità di azoto nel terreno.
- ✓ L'azoto liberato dalla leguminosa può essere utilizzato dalla graminacea che, a sua volta, assorbendo l'azoto del terreno favorisce l'azotofissazione da parte della simbiosi leguminosa-rizobio.

Differenziazione nel tempo

- ✓ Ambienti con lunghe stagioni di crescita creano l'opportunità di differenziare nel tempo le nicchie di ciascuna specie consociata.
- ✓ Quando un'unica specie non è in grado di utilizzare l'intera stagione disponibile, la durata della crescita può essere estesa aggiungendo una seconda specie.

Esempio classico: *consociazioni leguminose-cereali per la costituzione di erbai (per esempio avena e veccia) o prati.*

- ✓ La differenziazione delle nicchie nel tempo viene ottenuta grazie al fatto che il cereale presenta un migliore adattamento alle basse temperature invernali mentre la leguminosa è maggiormente favorita dalle condizioni termiche primaverili.
- ✓ La crescita primaverile della leguminosa può essere ulteriormente favorita se durante il periodo invernale l'erbaio viene utilizzato con pascolamento diretto o con sfalcio. Tale utilizzazione riduce infatti la capacità competitiva del cereale durante il periodo primaverile.

Differenziazione nel tempo

Raramente la consociazione leguminosa-cereale nei pascoli e nei prati consente di ottenere rese eccedenti quelle ottenibili in purezza, ma i suoi vantaggi si manifestano a livello di:

- ✓ allungamento la stagione di crescita,
- ✓ più uniforme distribuzione del foraggio verde nel corso della stagione rispetto a quella che si potrebbe ottenere con una monocoltura,
- ✓ migliore qualità nutrizionale legata al fatto che l'elevato contenuto proteico delle leguminose compensa la più abbondante e fibrosa produzione del cereale,
- ✓ maggiore azoto-fissazione.

Altri scopi delle consociazioni

- ✓ Aumentare la stabilità delle rese: in ambienti marginali, dove il clima ha forti oscillazioni stagionali, può essere utile coltivare consociate specie a utilizzazione simile ma caratterizzate da una diversa resistenza agli stress ambientali. Il triticale, ad esempio, ha una maggiore capacità di adattamento alle basse temperature rispetto all'orzo, che a sua volta si adatta meglio alle condizioni carenza idrica.
- ✓ Proteggere il terreno dall'erosione: le piante da copertura allevate in un arboreto o in un vigneto. In questo caso la funzione della coltura erbacea non è solo di produzione, ma soprattutto di protezione.
- ✓ Fornire un sostegno: nel caso della vecchia si usano come piante di sostegno l'avena o l'orzo.
- ✓ Ridurre l'incidenza delle malattie: la consociazione leguminosa da granella-cereale riduce l'incidenza di diverse fitopatie sulle leguminose, ma in generale gli effetti della consociazione nei confronti delle malattie possono essere positivi o negativi.

Vantaggi della consociazione

I vantaggi della consociazione dipendono dalla possibilità di ottenere complementarità per le rese ed è più probabile che questo si verifichi:

- ✓ quando le risorse del terreno sono limitanti e gli apparati radicali delle specie consociate sono molto diversi;
- ✓ quando una delle due specie è una leguminosa.

Esempio: consociazioni mais-fagiolo

- ✓ Diffuse **in terreni poco fertili** delle regioni tropicali.
- ✓ In queste regioni il mais può essere coltivato solo a densità molto basse (1 pianta per m² contro 7,5 in condizioni ottimali) a causa della scarsa dotazione d'azoto del terreno.
- ✓ Ad una densità così bassa una coltura di solo mais non sfrutterebbe appieno le risorse idriche e la disponibilità di radiazione, che possono invece essere utilizzate consociando il mais con il fagiolo.

- ✓ La complementarietà deriva in questo caso dalla concomitanza:
 - ✓ di una scarsa disponibilità di risorse (azoto)
 - ✓ di una differenziazione delle nicchie nello spazio.

- ✓ In condizioni di elevata fertilità o elevati input sarebbe senz'altro più conveniente la coltivazione del mais in monocoltura.
- ✓ La consociazione è ancora praticata su larga scala nel bacino del Mediterraneo, in Africa e in India. Nell'Africa orientale rappresenta la norma e solo eccezionalmente viene adottata la coltura specializzata.

Limiti della consociazione

- ✓ Nei sistemi agricoli **intensivi** nei quali si ricorre a una notevole quantità di input (concimi, meccanizzazione elevata, diserbo) la coltura specializzata prevale perché è la modalità di coltivazione che consente di beneficiare dell'avvicendamento e di massimizzare le rese grazie ad una ottimale utilizzazione degli input disponibili.
- ✓ In queste condizioni i livelli di fertilità sono alti e la complementarità non consente in genere di superare le rese in purezza.
- ✓ Se pure lo facesse, non sarebbe comunque in grado di compensare le maggiori difficoltà che si incontrano nella messa a punto di una tecnica agronomica ottimale e le notevoli limitazioni nel ricorso alla raccolta meccanizzata e al diserbo chimico.

Tecnica della consociazione

- ✓ Il successo della consociazione dipende anche dalla **composizione percentuale del miscuglio** che in genere varia al variare delle condizioni ambientali e della competitività delle specie (più una specie è competitiva, meno deve essere rappresentata percentualmente).
- ✓ Da un punto di vista tecnico è molto difficile dare delle indicazioni di carattere generale sulla composizione di un miscuglio o sulla composizione percentuale di una consociazione.
- ✓ La semina a file aumenta le possibilità di sopravvivenza della specie meno competitiva.
- ✓ La concimazione deve essere adattata alla consociazione adottata. Nella consociazione graminacea leguminosa, ad esempio, l'utilizzo di abbondanti quantità di concime azotato tende a penalizzare la leguminosa a favore della graminacea, mentre nel caso di abbondanti concimazioni fosfatiche avviene esattamente il contrario.

Consociazione frumento-pisello



Consociazione orzo-trifoglio



Esempi di consociazioni



girasole-cece



soia-sorgo