

Università degli Studi di Milano

Facoltà di Agraria

***Controllo delle infestanti:
analisi di sistema decisionale
integrato***

prof Marco Acutis

collaboratori:

dott. Marcello Ermido Chiodini

Fonti consultate

- ❖ “*Malerbologia*”, Piero Catizone e Giuseppe Zanin, Pàtron Editore
- ❖ “*Principi di controllo della flora infestante*”, Gino Covarelli, Edagricole
- ❖ “Tecniche di riconoscimento della flora infestante” (Monocotiledoni), Pasquale Viggiani, Bayer, Edizioni Edagricole
- ❖ “Tecniche di riconoscimento della flora infestante” (Dicotiledoni), Pasquale Viggiani, Bayer, Edizioni Edagricole
- ❖ Internet
- ❖ Berti A., Zanin G., 1997. GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean (*Glicine max* (L.) Merr.)

Danni da infestanti

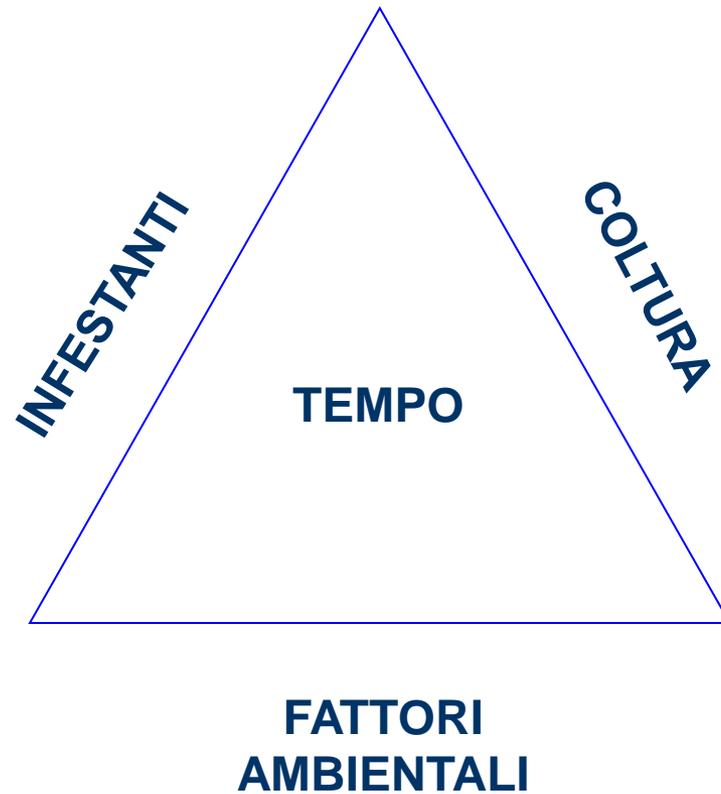
- ❖ **Minori rese unitarie (danno quantitativo)**
- ❖ **Peggioramento della qualità (danno qualitativo)**
- ❖ **Allergie da polline**
- ❖ **Ostacolo ad alcune operazioni colturali**
- ❖ **Diffusione di insetti ed organismo patogeni**

Danni da infestanti

In termini generali:

- ❖ ***DANNO DIRETTO***: riduzione di resa per competizione con la coltura
- ❖ ***DANNO INDIRETTO***: produzione e disseminazione semi

Introduzione



Triangolo della malattia modificato

FATTORI DI SCELTA

(COLTURA, TIPO ED INTENSITA' DELL'INFESTAZIONE)

Vincoli aziendali

Redditività attesa →

Avvicendamento →

Lavorazione del suolo →

Organizzazione aziendale →

Vincoli esterni

← Aspetti economici

← Aspetti legislativi

← Disponibilità erbicidi

SCELTA DELLE LINEE OPERATIVE

Possibili linee operative

“Si può prevalere su un generico «avversario» o dispiegando una grande quantità di mezzi oppure impostando strategie derivate dalla conoscenza dell’ «avversario» stesso;

si può quindi prevalere grazie ad una superiorità quantitativa oppure grazie ad una superiorità strategica che compensi la minore disponibilità di risorse” (da “Malerbologia”. Catizone – Zanin)



LOTTA ALLE MALERBE

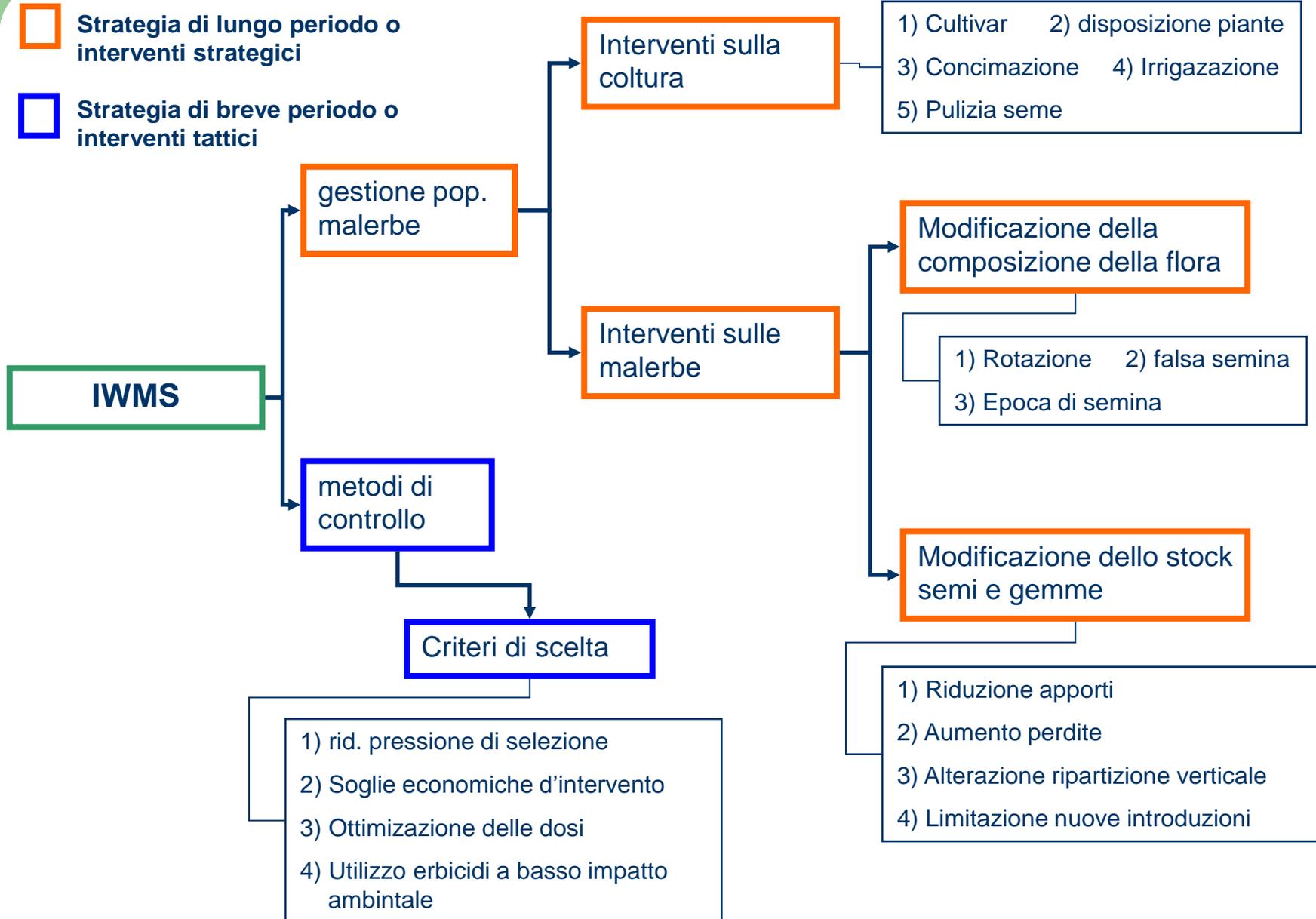


~~Elevate quantità di
erbicidi~~



IWMS (Integrated **W**eed
Management **S**ystem);
fondamentale conoscere
biologia e ecologia

IWMG (Integrated Weed Management System)



Concetti importanti

❖ **Competizione e resa delle coltura**

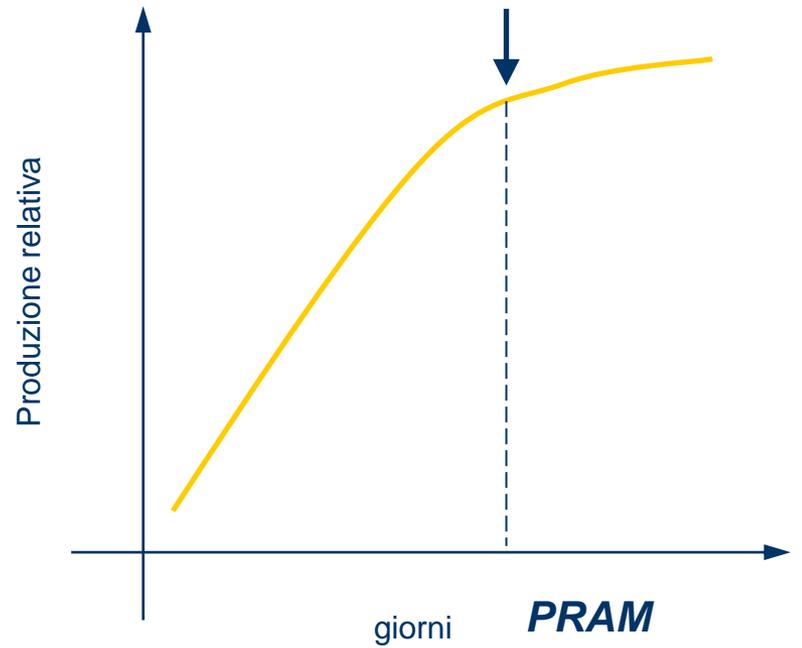
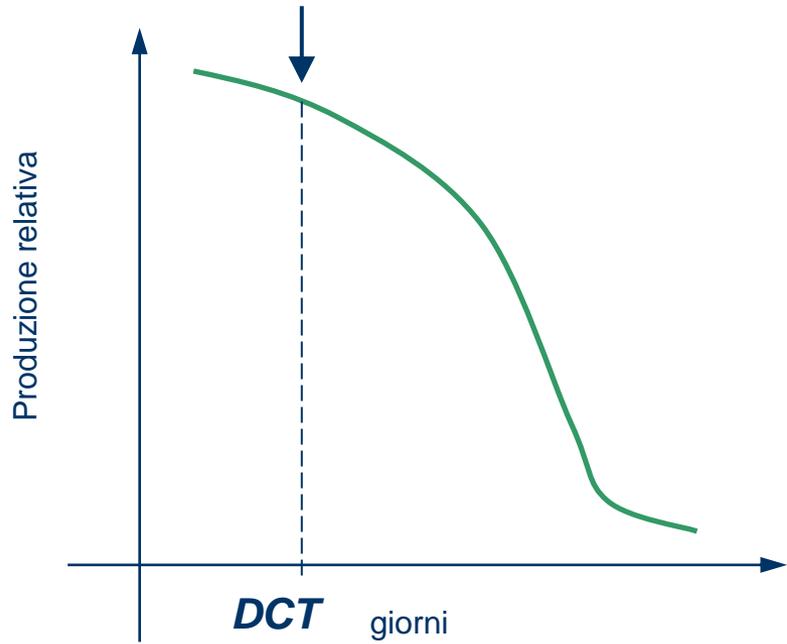
- ***Previsione della resa f (tempo)***

(N.B coltura ÷ singola sp. infestante)

DCT (*Durata della Competizione Tollerata*): periodo di tempo che intercorre tra l'emergenza delle infestanti - temporalmente coincidente con quella della coltura - e il momento in cui, fissata una determinata soglia di perdita produttiva, la presenza dell'infestante non è più tollerabile.

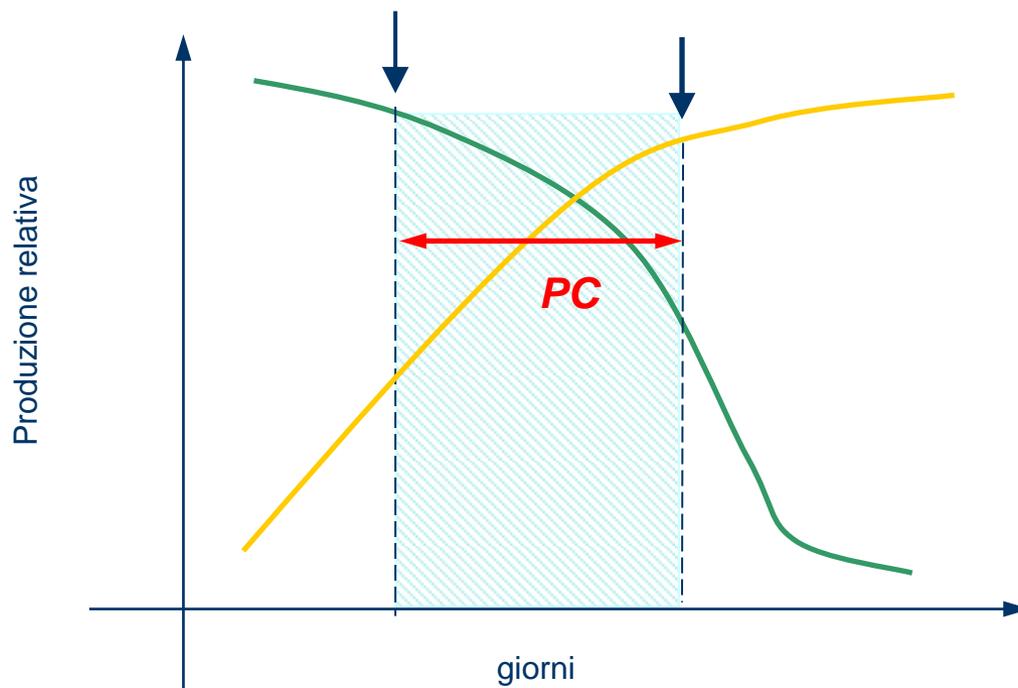
PRAM (*Periodo Richiesto di Assenza delle Malerbe*): periodo che intercorre fra l'emergenza della coltura e il momento in cui l'emergenza di infestanti non ha più alcun riflesso sulla produzione o determina danno tollerabile.

Concetti importanti



Concetti importanti

PC (*Periodo Critico*): periodo di tempo durante il quale la presenza di infestanti provoca una diminuzione di resa della coltura superiore alla perdita relativa accettabile prescelta. Graficamente è il periodo di tempo compreso tra la DCT e il PRAM determinati **f (perdita relativa accettabile prescelta)**



Concetti importanti

❖ **La DCT:**

- Variabilità curve limitata in aree ragionevolmente omogenee (nord, sud Italia);
- Possibilità di pianificare interventi meccanici e/o chimici di controllo tempestivi

❖ **Il PRAM:**

- Variabilità curve limitata in aree ragionevolmente omogenee (nord, sud Italia);
- Definire sino a quando occorre mantenere pulita la coltura con interventi meccanici
- Determinare la minima persistenza d'azione dell'erbicida utilizzato in pre-semina o pre-emergenza

Concetti importanti

❖ Il PC:

- varia in f (coltura, tipo e densità infestazione, stagione, località, livello fertilità suolo)
- Lunghezza dirett. proporzionale alla competitività delle infestanti e inv. proporzionale alla competitività della coltura.
- Può variare a seconda se si esegue semina diretta o trapianto (pomodoro rispettivamente 8 sett vs. 5 sett)
- Consente di stabilire in quali parti del ciclo colturale occorre concentrare gli interventi di controllo affinché abbiano la max efficienza.

QUINDI

Conoscere questi aspetti **E' FONDAMENTALE** per condurre una **GESTIONE INTEGRATA** delle infestanti

Dati fenologici di crescita relativi alle principali colture erbacee e aspetti relativi alla competizione esercitata dalle erbe infestanti

Coltura	Intervallo (gg) tra		Durata media del ciclo (gg)	Periodo Critico ¹ (gg)		Altezza coltura alla chiusura delle file (cm)
	semina-emergenza	emergenza-chiusura file		inizio	fine	
Barbabietola primaverile	15-30	45-60	160	15	45	35-40
Barbabietola primaverile	10-20	120-140	240	30	90	35-40
Girasole	10-15	40-50	150	20	40	100
Mais	10-20	40-50	170	30	45	100
Soia	7-15	35-40	150	20	35	50
Riso ^a	6-12	40-45	130-150	-	-	25-45
Riso ^b	12-20	45-50	165	-	-	25
Sorgo	10-15	40-50	140	25	40	80
Colza	5-10	130-150	230	90	120	40-45
Frumento e Orzo	10-15	110-130	210	100	140	20-25

ad eccezione di frumento e riso, almeno una lavorazione meccanica nell'interfile; ^a valori validi per cv tipo Loto e Arborio; ^b valori validi per la cv Thaibonnet; ¹ giorni dall'emergenza.

da Catizone e Zanin, 2001

IWMS

❖ **Ideotipo di coltura** (rapporto con infestanti):

- ben insediata
- che copre rapidamente il suolo
- che compete “vigorosamente” con le infestanti

Le scelte di coltivazione (cv, agrotecniche, fertilizzazioni, ecc...) nel loro complesso devono assicurare la genesi di condizioni ottimali per il ciclo colturale



la coltura può competere con l'infestante

IWMS

❖ **GESTIONE DELLA POP. DI MALERBE**

- **INTERVENTI SULLA COLTURA** (la coltura deve coprire il suolo il più presto possibile)

- ✓ Concimazioni:

- Momento distribuzione: fase fenologica
- Quantità d'azoto (risposta vs densità infestazione)
- Localizzazione

✓ Scelte inerenti la semina

- cv idonee (esigenze pedo-climatiche, elevati tassi di crescita iniziali)
- Semente certificata
- Idonea data di semina
- Idonea profondità di semina
- Idonea disposizione spaziale
- Idonea densità di semina
- (utilizzo di cv con attitudine allelopatica)

- Colture primaverili-estive: emergenza÷copertura = 1/3 del ciclo
- Rapida copertura = minor danno diretto

Effetti di accessioni capaci di allelopatia

Coltura	Cultivar o accessione	Sostanza allelopatica	Riduzione biomassa malerbe (%)	Riferimento
Segale	Forrajero-Baer	ac. idrossamico	80	Perez e Ormero-Nunez (1993)
Avena	266281	scopoletina	50	Fay e Duke (1977)
Riso	389551	–	90	Dilday et al. (1994)
Cocomero	PI 169391	–	84	Lockerman e Putnam (1979)
Orzo	Arimar	graminicina ¹	–	Wu et al. (1999)
	Maraini	graminicina ¹	–	Wu et al. (1999)
	CI 12020	graminicina ¹	–	Wu et al. (1999)

- **INTERVENTI SULLA POP. DI MALERBE**
 - ✓ Obiettivi:
 - A. Mantenere una flora bilanciata
 - B. Ridurre competitività malerbe
 - c. Ridurre stock di propaguli nel suolo

IWMS

- **Interventi per bilanciare flora e ridurre la competitività:**

- ✓ Rotazione colture:

- Cos'è la rotazione colturale?
- Valenza strategica: effetto di lungo termine
- Effetto vs. infestanti:
 - Disturbi differenziati ⇒ riduzione specializzazione e selezione infestanti

stock meno denso
e meno longevo

mantenimento
equilibrio floristico

Simulazione della densità attesa di infestazione in mais continuo ed avvicendato sulla base degli spettri ecofisiologici (da Zanin et al., 1992)

Gruppi ecofisiologici	Contributo % sul totale dello stock	
	Mais continuo	Mais avvicendato
Autunnali	2,1	7,2
Invernali	3,4	13,3
Primaverili	24,3	25,7
Estive	65,2	30,0
Indifferenti	5,0	23,8
% di semi che possono infestare il mais	$24,3 + 65,2 + 5,0/2 = 92,0$	$25,7 + 30,0 + 23,8/2 = 67,6$
n. di semi nei primi 10 cm (milioni ha ⁻¹)	$20 \cdot 0,92 = 18,4$	$20 \cdot 0,676 = 13,5$
piante attese (n. m ⁻²)	$18,4 \cdot 10^6 \cdot 0,07/10.000 = 129,0$	$13,5 \cdot 10^6 \cdot 0,07/10.000 = 94,5$

✓ Epoca di semina:

- Anticipare – ritardare la semina: applicabile se condizioni pedo-climatiche idonee
- Valenza tattica: effetti nel breve termine
- Semina ritardata frumento (Pianura Padana)
⇒ infestanti meno competitive e infestazione più equilibrata

✓ Falsa semina:

- concetto
- Erpicatura o diserbo chimico??

IWMS

- ✓ Gestione residui colturali e cover crops:
 - Effetto dei residui colturali:
 - pacciamatura ⇒ < luce, < temperatura
 - Cover crops:
 - Stesso effetto residui colturali + effetti per rilascio sostanza allelopatiche (es. segale: rilascio acidi fitotossici)
 - Azione potenziata se *non lavorazione + cover crops* per minor presenza di disturbi meccanici



Minor emergenza malerbe e più dilazionata nel tempo

Esperimenti di Worsham, 1991: le cover crops non hanno effetti prolungati ma tali la simulare un erbicida di pre emergenza!!!!!!

IWMS

- ✓ Limitazione tasso di crescita della comunità di malerbe:
 - Perché??: l'evoluzione è un processo dinamico e continuo ⇒ quindi per ottenere risultati efficaci è importante agire sul tasso di crescita:
 - Perché c'è evoluzione??:
 - Introduzione di nuove specie
 - Modificazione quali-quantitativa della flora
 - Selezione di ecotipi all'interno delle sp. presenti per pressioni di selezione
 - **NB.:** azione strategica: **monitoraggio biotopi**
 - Valutazione pericolosità delle specie ancora esterne alla superficie coltivata

Possibilità d'intervento
precoce



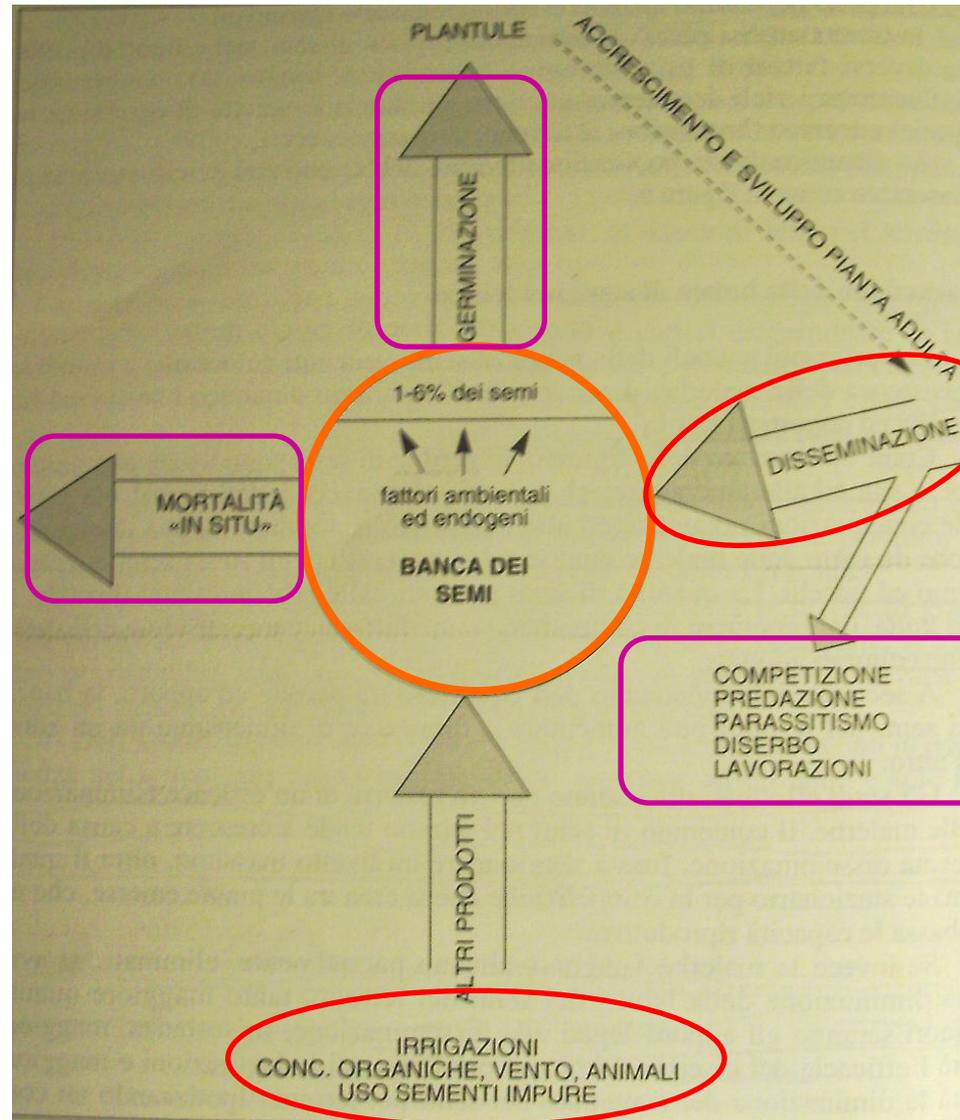
< possibilità di introdurre
nuove infestanti

IWMS

- **Modificazione dello stock di semi e gemme nel suolo:**
 - ✓ Perché è importante gestirli:???
 - ✓ Assunzione: siccome eliminare lo stock di semi è in pratica impossibile, se non a fronte di costi insostenibili, appare più realistico “convivere” con esso, cercando di ridurlo ad un livello accettabile, <30÷40 milioni semi ha⁻¹ (Forcella et al., 1996)

IWMS

✓ Come intervenire???



- **Riduzione apporti**
- **Aumento perdite**
- **Modificazione ripartizione verticale**

IWMS

✓ Riduzione degli apporti:

➤ Possibilità d'intervento

⇒ nel campo con coltura presente

⇒ nel campo con coltura assente

⇒ sulle superfici incolte

➤ Come agire:

- Aumentare capacità competitiva coltura
- Evitare integrazione semi nello stock (mietitrebbie apposite)
- Prevenire disseminazioni dalle superfici incolte
- Pulizia attrezzatura, semente certificata, letame maturo, acqua irrigazione

IWMS

✓ Aumento delle perdite:

➤ Come agire ⇒ lavorazioni (1)

⇒ ritardo aratura (2)

⇒ sostanze chimiche che favoriscono la germinazione (3)

(1) stimolare attivazione flora potenziale ⇒ flora attiva

- *se semi*: lavorazioni superficiali (falsa semina)
- *se gemme*: lavorazioni meccaniche che frammentano seguite da altre operazioni

(2) ritardo arature o sod seeding:

- I semi vengono predati per più tempo (esperimenti condotti: perdita semi per predazione 69% contro il 27% se conduzione tradizionale)

(3) metodo poco diffuso perché trattamenti ancora troppo costosi

IWMS

✓ Modificazione ripartizione verticale semi delle infestanti:

Lavorazioni tradizionali

Minima lavorazione

Sod seeding



+ omogenea

+ superficiale

- ...però attenzione dimensione semi:
- Semi piccoli: interrare in profondità
 - Semi grandi: lasciare in superficie

se, in *f* (*infestanti*) si conduce la giusta tattica l'efficienza del diserbante può essere minore ⇐ riduzione dose

❖ **METODI DI CONTROLLO (controllo chimico)**

Nella scelta del/i formulati da impiegare per il controllo diretto di tipo chimico occorre considerare alcuni aspetti importanti fondamentali:

- a) ***riduzione della pressione di selezione sulla comunità delle malerbe***
- b) ***Valutazione della convenienza economica del trattamento***
- c) ***Possibilità di riduzione delle dosi f (effetto voluto)***
- d) ***Scelta erbicida f (profilo tossicologico)***

IWMS

a) ***Riduzione della pressione di selezione sulla comunità delle malerbe:***

- ✓ Importanza: limitare tasso di evoluzione delle infestanti
 - ⇒ < specializzazione malerbe
 - ⇒ < comparsa di resistenze } Controllo più semplice
- ✓ Interventi:
 - Rotazione erbicidi nello spazio e nel tempo
 - Utilizzo miscele: **NB valutare bene i partner della miscela per evitare effetti negativi** ([slide 46](#))
 - Localizzare erbicidi (anche riduzione delle quantità di prodotti impiegati)
 - Integrazione mezzo chimico con altri mezzi (meccanici)

IWMS

b) Valutazione della convenienza economica del trattamento:

- ✓ Regola seguita nell'IWMS: si tratta se il valore economico del danno è maggiore del valore economico del trattamento



È fondamentale definire delle **soglie**

- ✓ Soglie d'intervento:
 1. SEO (soglia economica ottimale)
 2. SEI (soglia economica d'intervento)

✓ **Soglia Economica Ottimale**

➤ Definizione:

- densità al di sopra della quale le infestanti dovrebbero essere controllate ottenendo benefici economici nell'anno in corso e nei successivi (riduzione danno diretto e indiretto)

➤ considerazioni:

- Difficile da determinare
- Dipende dall'avvicendamento
- Poco pratica

✓ **Soglia Economica d'Intervento**

➤ Definizione:

- densità alla quale il costo del trattamento eguaglia il beneficio ottenuto con l'eliminazione delle malerbe

➤ considerazioni:

- Considera solo il danno diretto
- Considera solo l'anno in corso

IWMS

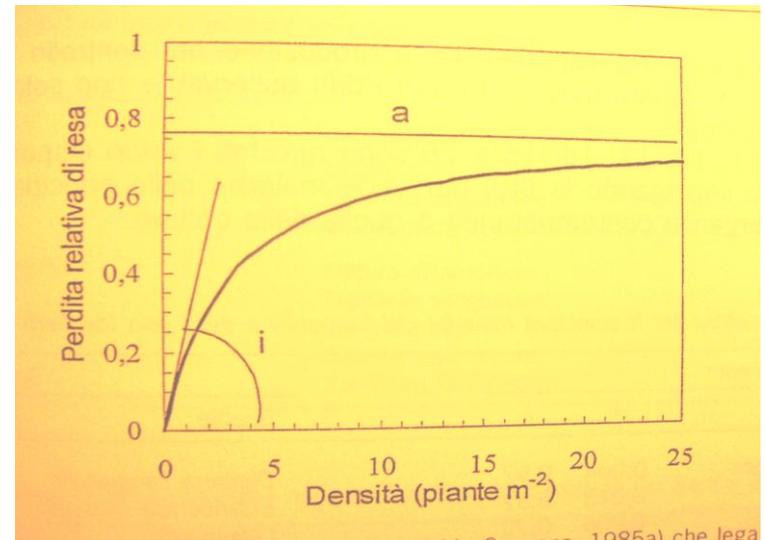
✓ **Metodi di stima del danno diretto prodotto dalle malerbe [modello empirico f (densità)]:**

- l'incremento della densità di infestanti provoca una riduzione proporzionale nella resa della coltura secondo una iperbole rettangolare (Cousens, 1988)

$$Y_L = \frac{i * D}{1 + \frac{i * D}{a}}$$

- Y_L : perdita di resa
- D : densità malerbe
- i : pendenza iniziale curva
- a : perdita resa max osservabile con densità molto alte di infestazione

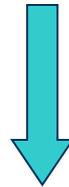
Specifici
per ogni
coltura



(Cousens 1985a) che lega

IWMS

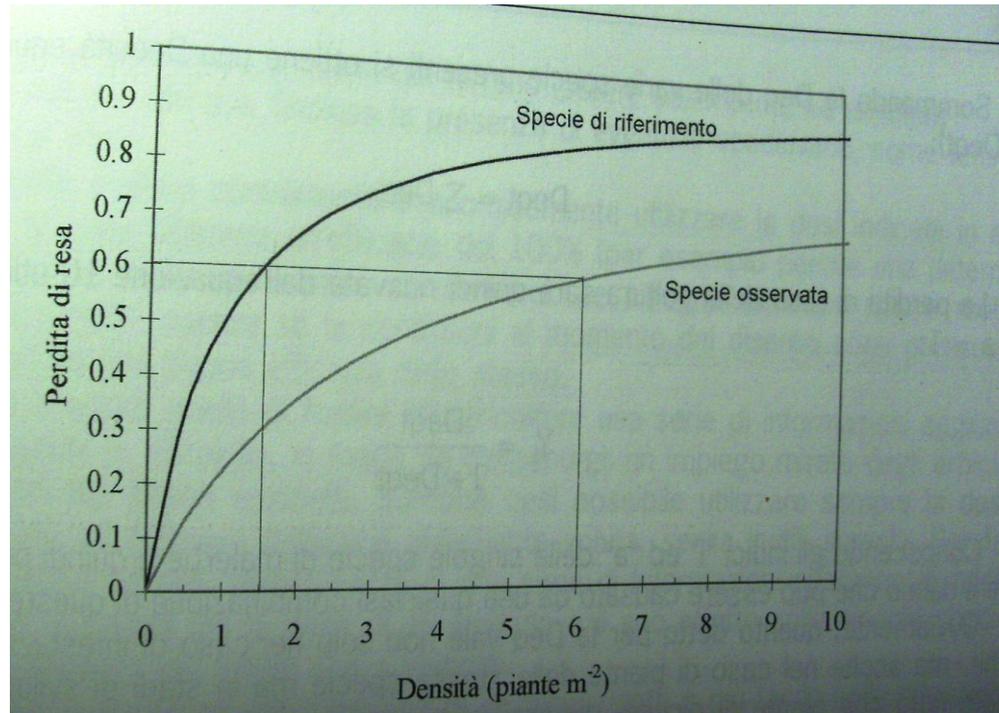
- Importante ricordare che la competitività è funzione:
 - Densità malerba
 - Parametri i , a
 - Momento d'emergenza (modelli di fogliosità)
- Ricordate:
 - Le infestazioni sono plurispecifiche



Deq: Densità equivalente, corrisponde alla densità di una specie di riferimento che determina una perdita di resa uguale a quella causata dalla specie in oggetto alla densità rilevata

IWMS

Esempio grafico del concetto di Densità equivalente



$$Deq = \frac{i_i \cdot D_i}{i_{rif} + i_{rif} \cdot i_i \cdot D_i \cdot \left(\frac{1}{a_i} - \frac{1}{a_{rif}} \right)}$$

IWMS

- ❖ Se la sp. di riferimento ha **“i=1 e a=1”**

$$Deq_i = \frac{i_i \cdot D_i}{1 + i_i \cdot D_i \cdot \left(\frac{1}{a_i} - 1 \right)}$$

- ❖ Quindi

$$Deqt = \sum_i Deq_i$$

- ❖ Attraverso una serie di calcoli si giunge a definire che:

$$Y_L = \frac{Deqt}{1 + Deqt}$$

Y_L : perdita di resa

Deqt: Densità equivalente totale

c) ***Erbicidi e dosaggi adeguati [possibilità di riduzione delle dosi f (effetto voluto)]:***

- ✓ Obiettivo: scegliere erbicida idoneo alla situazione floristica e pedo-climatica



elevata efficacia e minor input chimico

- ✓ Qual è la realtà?
 - l'agricoltore ha, per scegliere, solo le informazioni riportate in etichetta
 - Però:
 - Le dosi intrinsecamente presentano margini di sicurezza (ferris e Haigh, 1993; Jensen e Streibig, 1994)
 - Sperimentazioni hanno dimostrato che riduzioni anche sensibili delle dosi hanno avuto efficacia ottimale senza perdite di produzione (Davies et al., 1993)

IWMS

- ✓ Riduzione dosi (considerare):
 - Efficacia (H%) che si vuole ottenere
 - Sensibilità sp. presenti e stadio di sviluppo
 - Condizioni ambientali pre e post trattamento
 - Caratteristiche fisico-chimiche del suolo
 - Tipologia di formulazione dell'erbicida

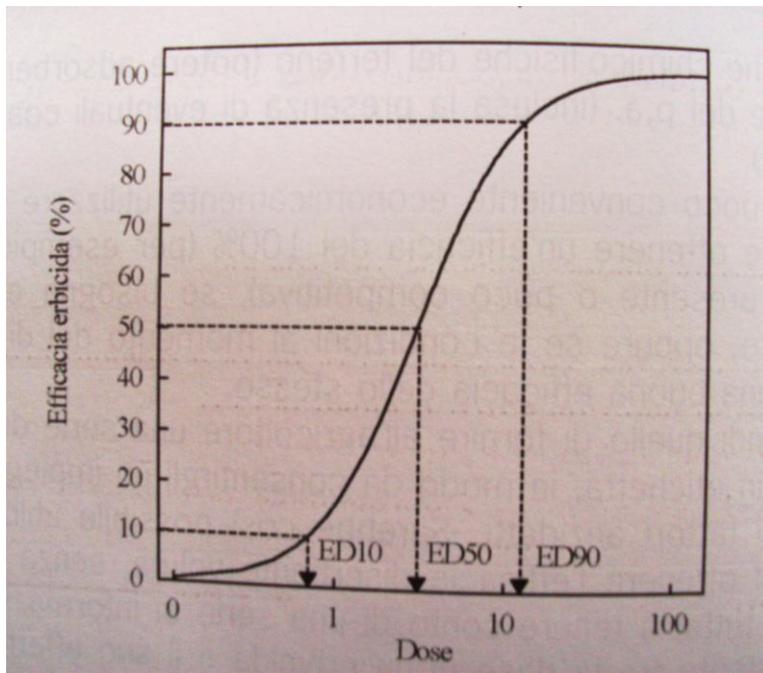


La dose può essere ridotta

IWMS

✓ Modello dose-efficacia

- **Importanza:** permette di calcolare la dose minima per ottenere la % di efficacia voluta
- La relazione dose-efficacia è una sigmoide simmetrica sul logaritmo della dose dell'erbicida



$$H\% = \frac{100}{1 + e^{\{b * [\log(ED_{50}) - \log(x)]\}}}$$

x: dose erbicida

H%: efficacia erbicida in %

b: pendenza curva nel punto di flesso

ED₅₀: dose necessaria per ottenere un controllo del 50 %

IWMS

✓ Modello dose-efficacia

- Perché è importante la relazione precedente?:
 - Permette di calcolare la dose per ogni efficacia voluta (ED_x)

$$ED_x = ED_{50} * e^{\left\{ \frac{-\log\left(\frac{1-H}{H}\right)}{b} \right\}}$$

Note ED_{50} e b per ogni binomio erbicida-infestante è possibile calcolare la dose per l'efficacia voluta

✓ Efficienza relativa

$$R = \frac{ED_{xA}}{ED_{xB}}$$

x: efficacia erbicidi (es. 90%)

A: erbicida o formulazione A

B: erbicida o formulazione B

- Questo indicatore può essere un indicatore di fitotossicità e può essere impiegato dall'agricoltore per orientarsi nelle scelte

IWMS

- ✓ Miscele di erbicidi per infestazioni plurispecifiche:
 - perchè, in ultima analisi occorre considerare infestazioni plurispecifiche??
 - Come affrontare il problema?? ⇒ impiego di miscele di erbicidi
 - ⇒ ATTENZIONE: joint action (azione congiunta):
 - ANTAGONISMO: miscela meno attiva dei singoli formulati
 - SINERGISMO: miscela più attiva dei singoli formulati
 - Concludendo: è fondamentale conoscere la relazione dose-efficacia delle singole miscele

a) **Scelta erbicida f (profilo tossicologico)**

- ✓ Ricordate:
 - tossicità acuta
 - tossicità cronica ⇒ difficile determinazione

- ✓ Indice di Pericolosità per le Falde (Zanin e Berti, 1992)

$$IPF = \frac{Q * L}{Lg}$$

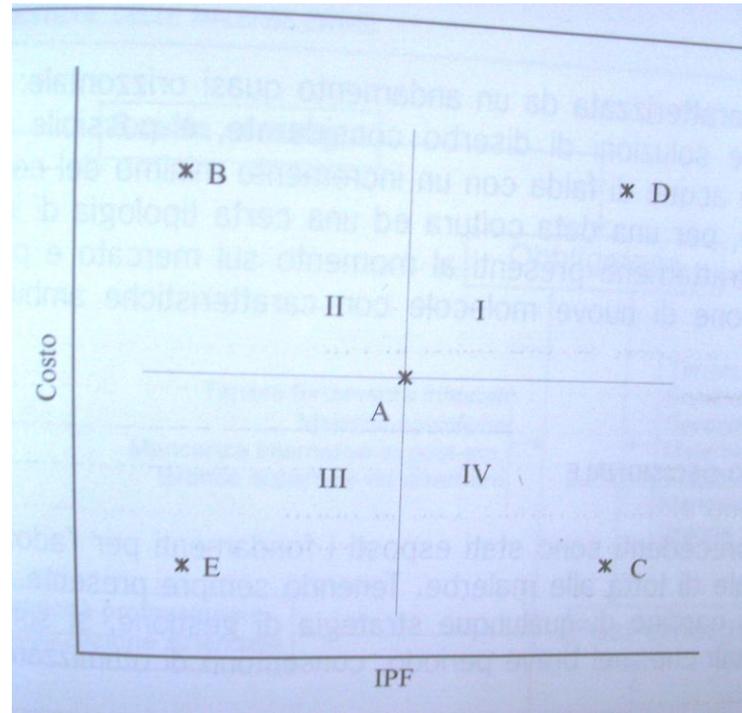
Q: quantità di prodotto distribuita

L: frazione di prodotto che può raggiungere la falda

Lg: linea guida per la molecola secondo WHO

IWMS

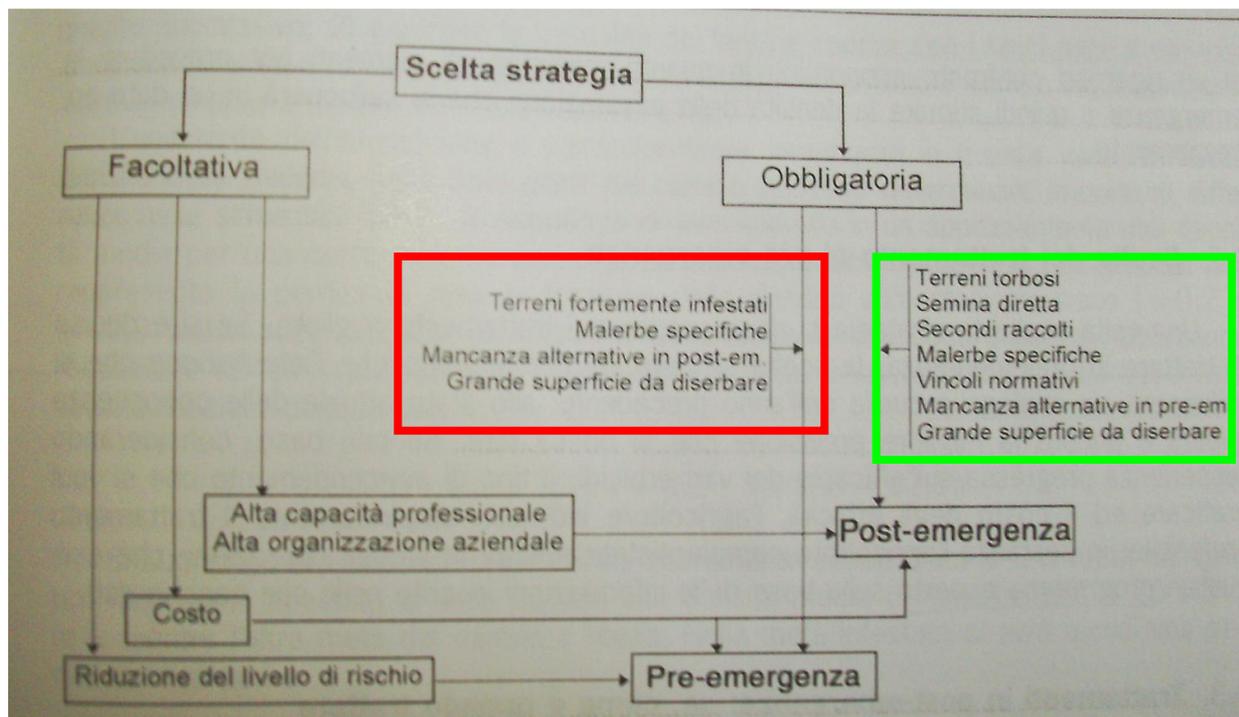
- ❖ Ogni trattamento è quindi analizzabile secondo un **costo** e un **IPF**



- ❖ Un **trattamento, in funzione di quanto detto, è definibile efficiente** quando rispetto alla sua posizione nel piano, non ci sono altri punti nel III quadrante

IWMS

- il processo decisionale che porta a definire se, come e quando trattare è complesso...
- ...la strategia (pre o post emergenza) scelta a volte è FACOLTATIVA a volte OBBLIGATORIA



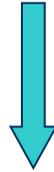
- **pre-emergenza**

- **post-emergenza**

IWMS

❖ **Trattamenti di pre-emergenza:**

- Si ipotizza che l'infestazione sarà analoga a quella dell'anno precedente
- Considerando efficacia erbicidi disponibili, tipo di avvicendamento, costo erbicidi



Individuazione del trattamento da eseguire

IWMS

❖ **Trattamenti di post-emergenza:**

- Per giungere ad una decisione occorre:
 1. Eseguire rilievo infestanti e loro densità (scouting)
 2. Confronto tra trattamenti

1. Scouting:

- Fase delicata perché errori possono causare forti ripercussioni sulla coltivazione
- NB: le malerbe hanno distribuzione aggregata
 - ⇒ rilievo densità eseguito lanciando 15-30 volte a caso nell'appezzamento un rettangolo di fil di ferro 25*30 cm
 - i dati di densità vengono mediati per la singola infestante e poi si determina la perdita di resa

IWMS

- ATTENZIONE:
 - per determinare la perdita di resa
 - ⇒ densità media su tutti i lanci **se** l'infestazione è suff. uniforme;
 - ⇒ densità per ogni sottocampione e poi media tra gli stessi **se** l'infestazione non è suff. uniforme;

... (da ... et al., 1998)

Numero di campioni	Densità media (n. m ⁻²)	Perdita di resa calcolata sulla densità media	Media della perdite di resa calcolate per ogni lancio
765	26,8 ± 2,8	0,330	0,125
175	29,9 ± 3,6	0,345	0,135
85	25,5 ± 3,8	0,324	0,126
50	24,9 ± 4,2	0,322	0,127
30	34,7 ± 6,8	0,363	0,122

- ⇒ lanci casuali che coprano tutta la superficie
- ⇒ processo più informativo se si considera anche lo stadio di sviluppo
- ⇒ lavoro oneroso
- ⇒ maggior efficacia se rilevato anche lo stadio di sviluppo

IWMS

2. Confronto tra trattamenti:

- se Vp_0 valore perdita di resa in assenza di controllo
- se C_i costo totale trattamento
- G_i guadagno ottenibile con il trattamento

$$G_i = Vp_0 - C_i$$

Questa eq. ci permette di fare confronti tra diversi trattamenti. In essa sono considerati anche gli effetti delle perdite dovute all'efficacia del trattamento.