

LA SITUAZIONE DELLE RESISTENZE AGLI ERBICIDI NEL SUD-ITALIA

Prof. Pasquale Montemurro
Dipartimento di Scienze Agro-ambientali e territoriali
Facoltà di Agraria di Bari



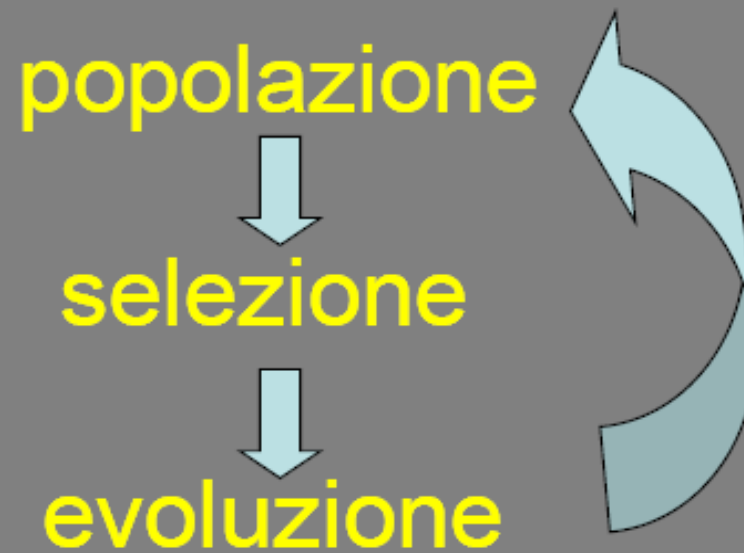
- **Tolleranza**: capacità **naturale** da parte di una popolazione di infestanti di tollerare un erbicida e completare il proprio ciclo vitale quando l'erbicida è usato alla dose normale di campo
- **Resistenza**: capacità **acquisita e trasmissibile geneticamente** da parte di una popolazione di infestanti di tollerare un erbicida precedentemente non tollerato e di completare il proprio ciclo vitale quando l'erbicida è usato alla dose normale di campo

**“La Resistenza e` la capacita`
(compare spontaneamente in natura ed
e` ereditabile)
di alcuni biotipi di infestanti, all'interno
di una data popolazione,
di sopravvivere ad un trattamento
erbicida che avrebbe,
in condizioni normali di utilizzo,
efficacemente controllato quella
popolazione”**

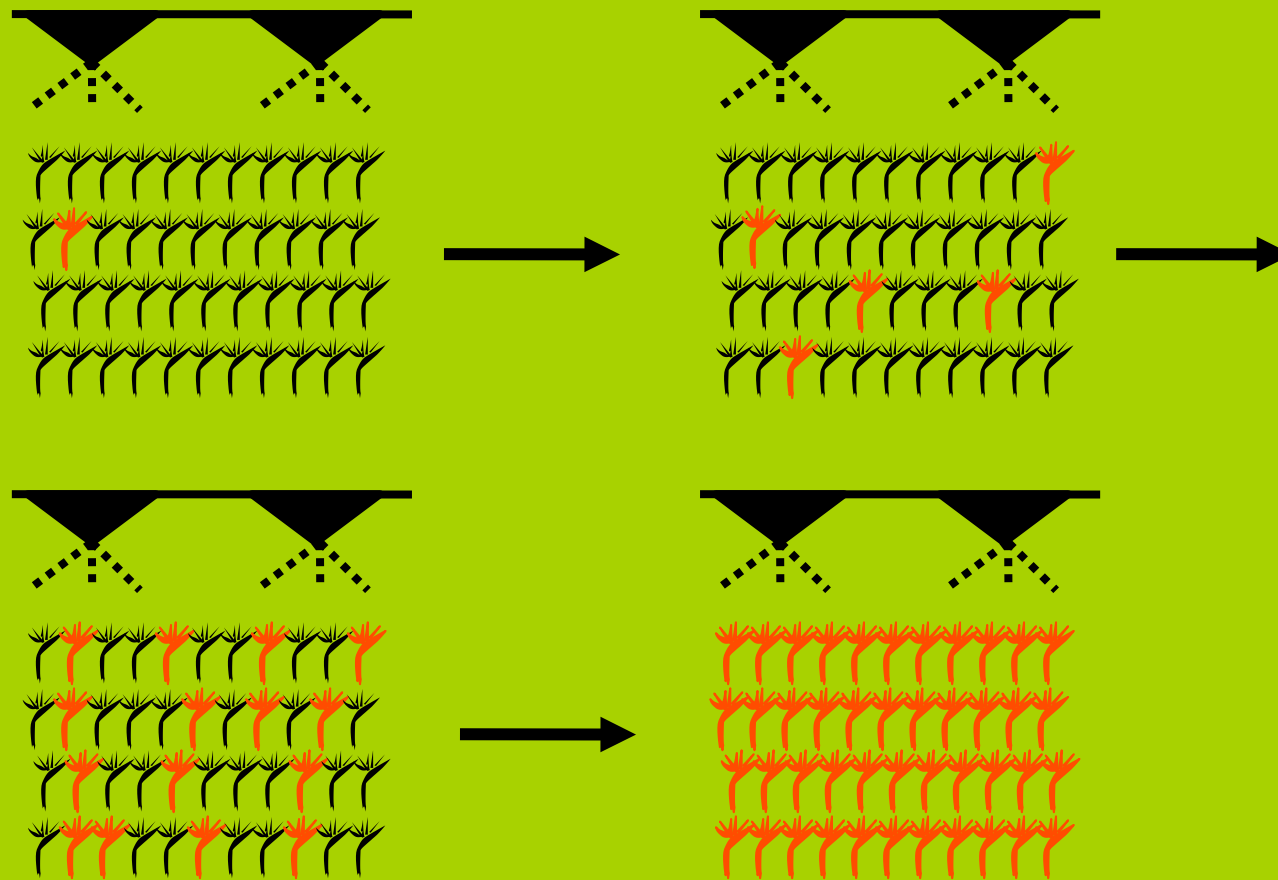
CAUSE PRINCIPALI

- **SCARSITA' DI SOSTANZE ATTIVE NUOVE
e/o
DOTATE DI NUOVI MECCANISMI D'AZIONE
(INDUSTRIE)**
- **UTILIZZO DI ERBICIDI DELLA
STESSA FAMIGLIA CHIMICA
e/o
DOTATI DELLO STESSO SITO D'AZIONE**
- **IMPIEGO DI PRODOTTI SPECIFICI, AGENTI SU DI UN
SINGOLO BERSAGLIO METABOLICO, PASSIBILE DI
ESSERE MODIFICATO NEL CASO MUTI IL GENE CHE
CONTROLLA LA SINTESI DEL COMPOSTO**

Gli erbicidi sono potenti agenti di selezione



Insorgenza di infestanti resistenti all'interno di una popolazione di infestanti sensibili



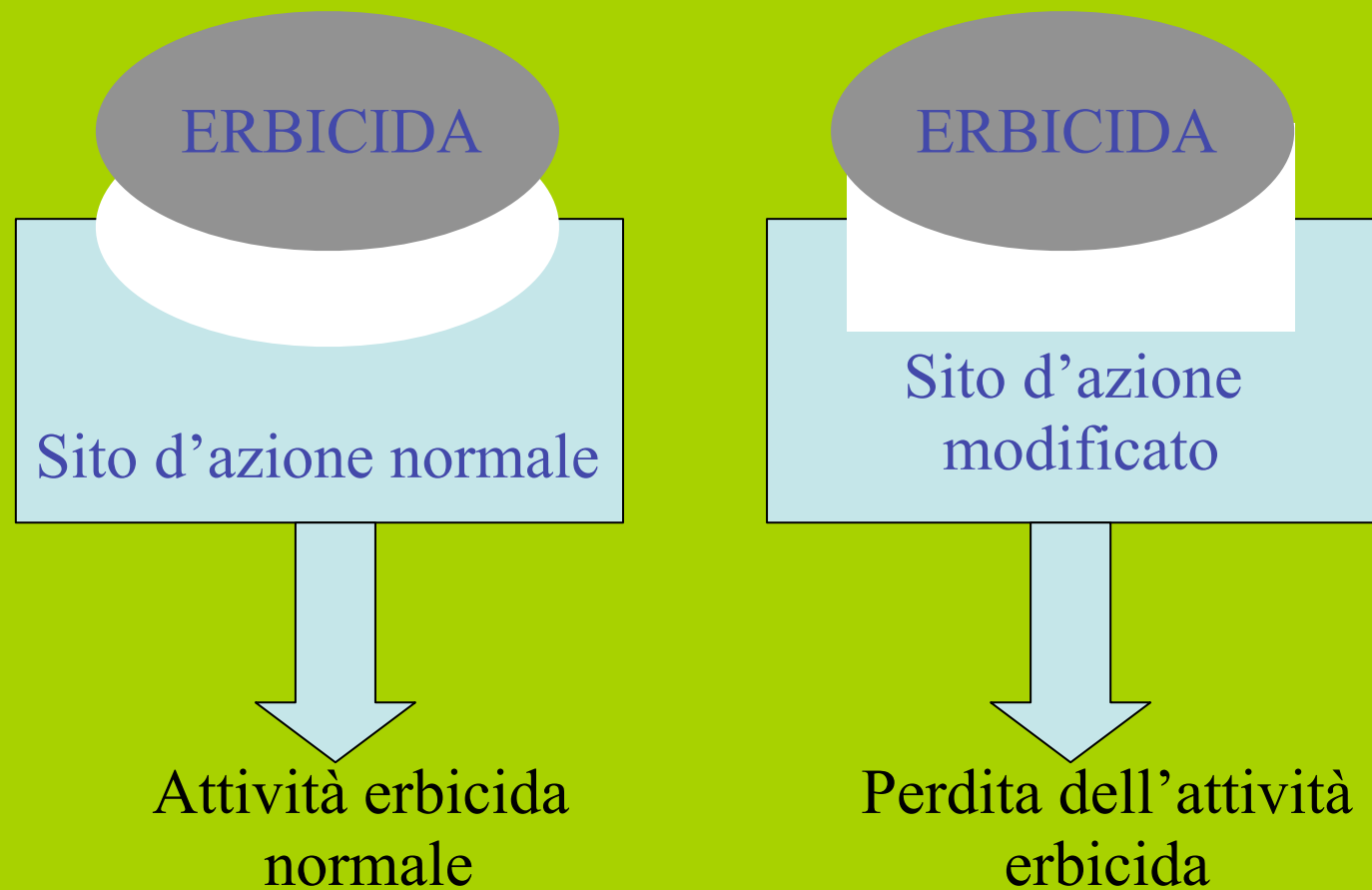
 = biotipo resistente

 = biotipo sensibile

Principali meccanismi di resistenza con relativi casi specifici



Mutazioni accidentali del sito d'azione e perdita dell'attività erbicida



La resistenza evolve a causa
di selezione persistente
per genotipi pre-esistenti o meno
in una popolazione

Tipi di resistenza (1)

- 1. Resistenza per modificazione del bersaglio (*target-site resistance*): modificazione del sito di attività dell'erbicida (enzima), che impedisce all'erbicida di esplicare la sua azione.
E' il tipo di resistenza più comune

Tipi di resistenza (2)

- 2. Resistenza incrociata (*cross-resistance*):
un singolo meccanismo di resistenza
conferisce resistenza a diversi erbicidi
con la stessa modalità d'azione

Tipi di resistenza (3)

- 3. Resistenza dovuta ad altri meccanismi (*non target-site resistance*):

catabolismo accelerato, riduzione della traslocazione, sequestramento.

Riduzione della quantità di erbicida che raggiunge il bersaglio

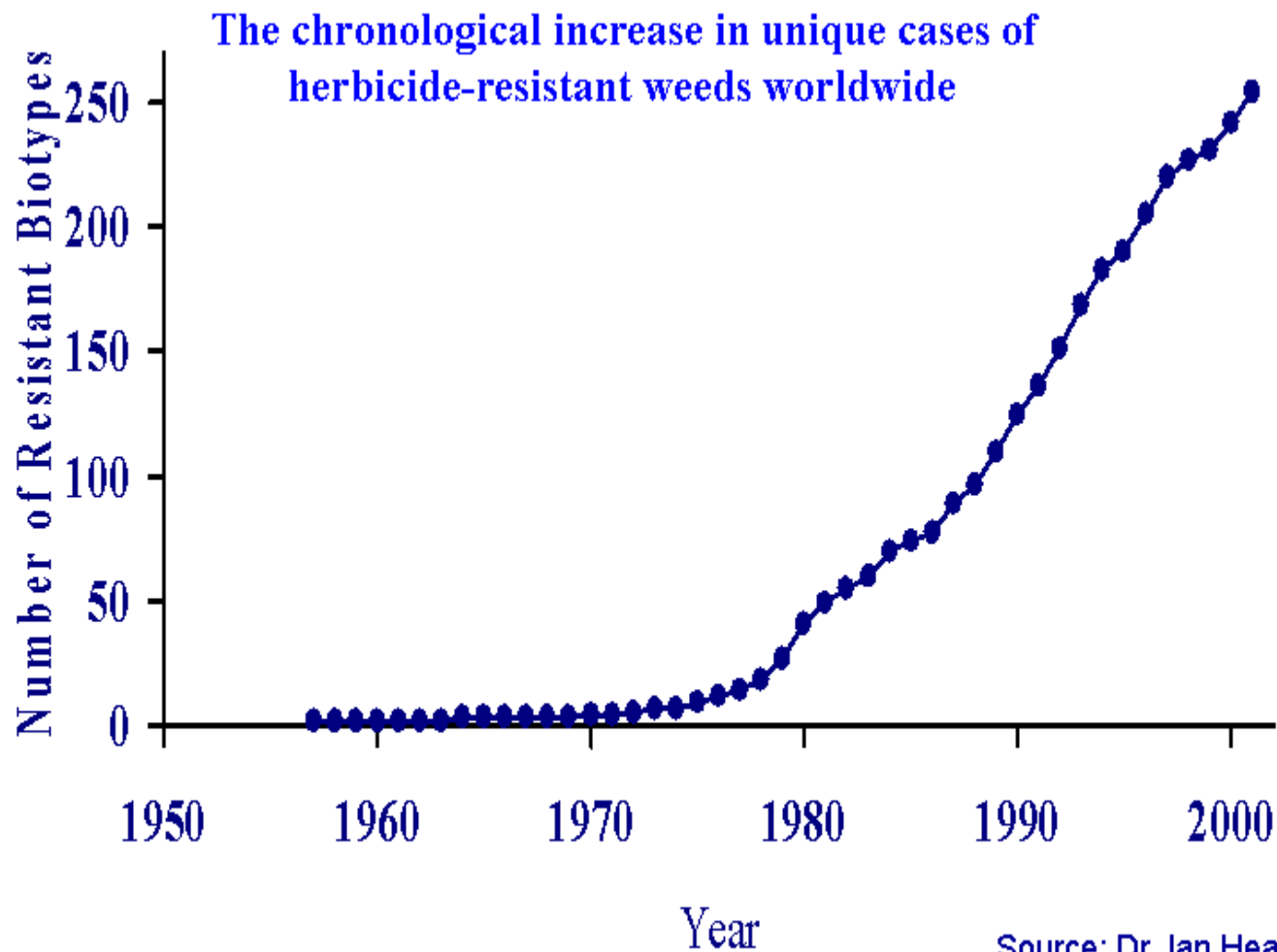
Tipi di resistenza (4)

- 4. Resistenza incrociata dovuta ad altri meccanismi (*non target-site cross-resistance*): quando un singolo meccanismo conferisce resistenza ad erbicidi con differenti modalità d'azione

Tipi di resistenza (5)

- 5. Resistenza multipla (*multiple-resistance*):
quando due o più meccanismi conferiscono
resistenza ad erbicidi in un individuo o
popolazione

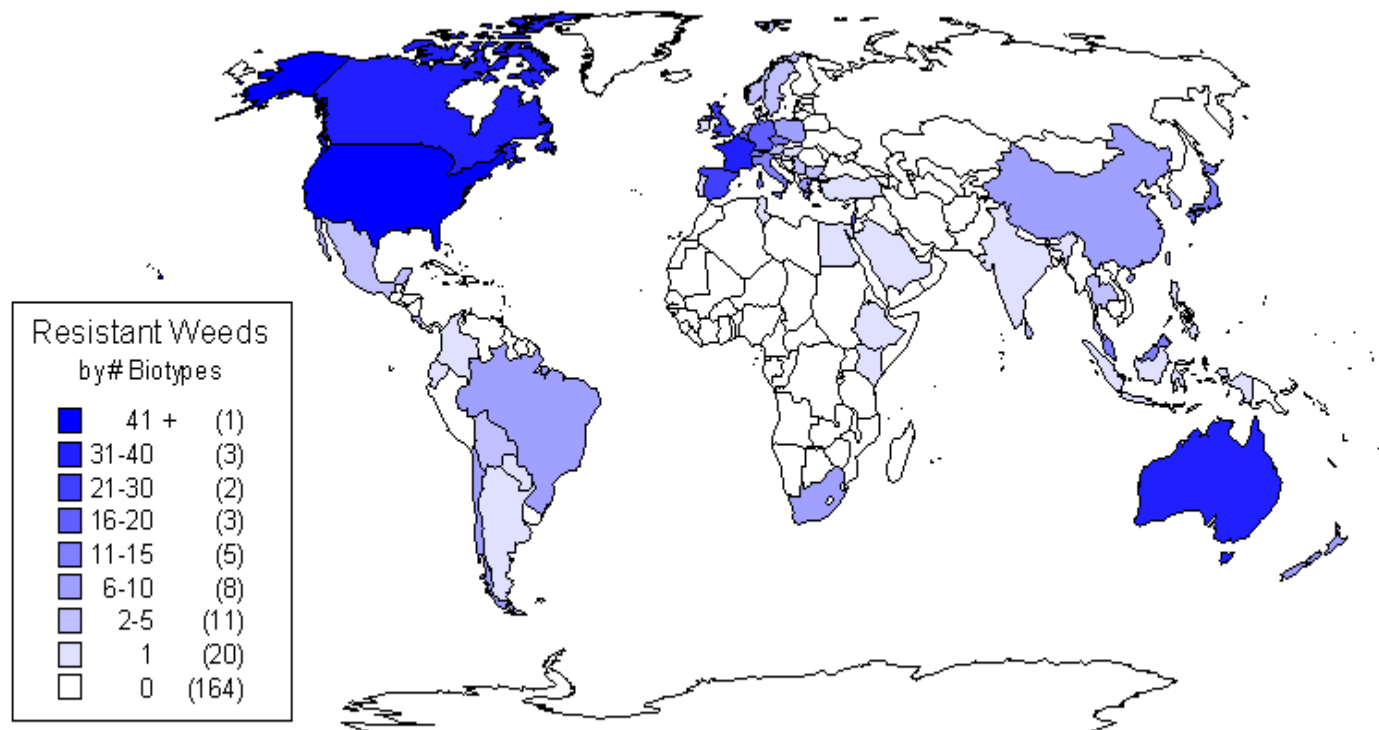
Sviluppo di biotipi resistenti agli erbicidi



Source: Dr. Ian Heap
www.weedscience.com

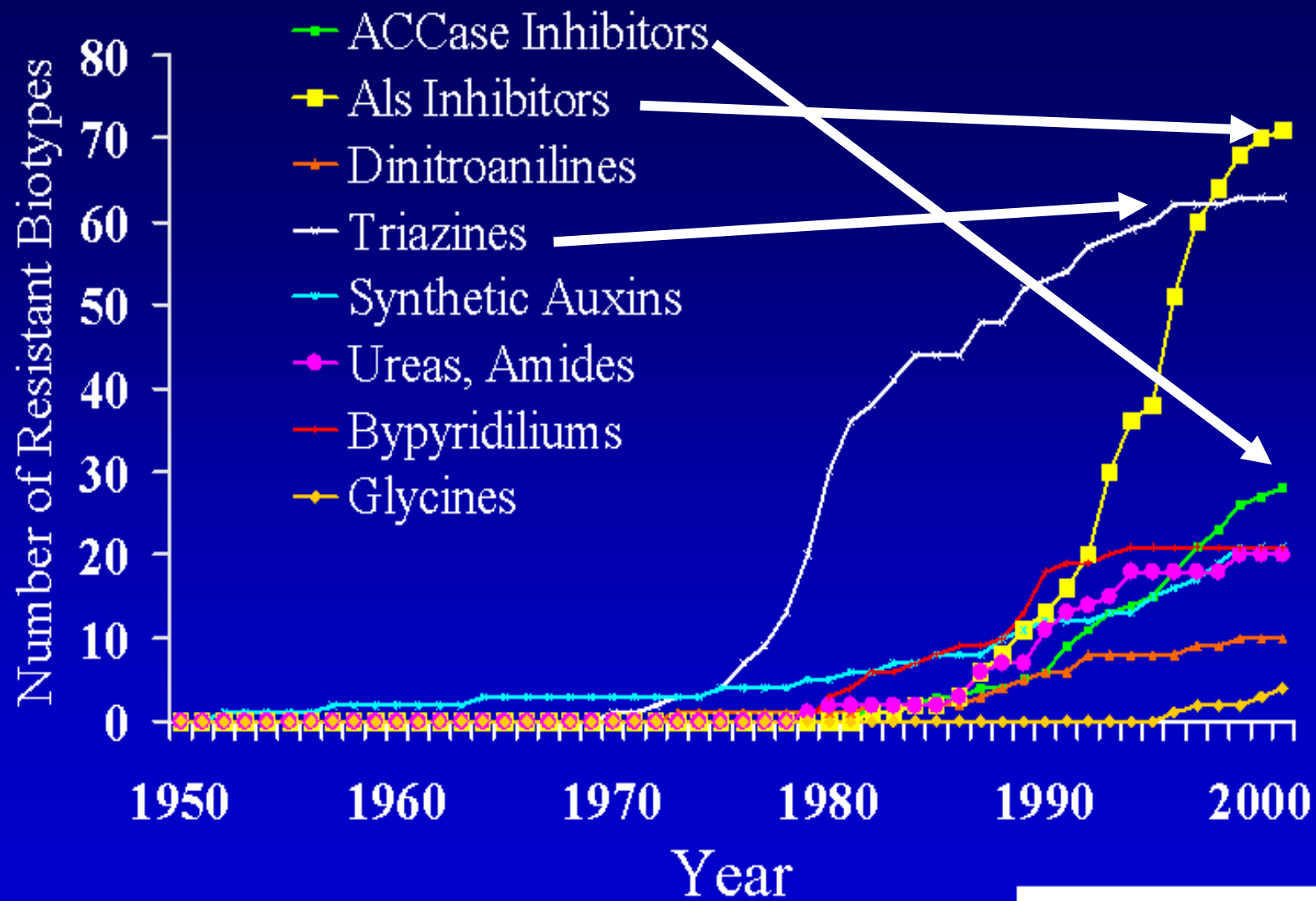
Sviluppo di biotipi resistenti agli erbicidi

Distribution of Herbicide Resistant Biotypes



Source: Dr. Ian Heap
www.weedscience.com

Sviluppo di biotipi resistenti agli erbicidi



Source: Dr. Ian Heap
www.weedscience.com

La resistenza agli erbicidi nelle infestanti

TABLE 1.2

The Occurrence of Herbicide-Resistant Weeds in Various Cropping Situations

Category	Crop	No. of Resistant Biotypes
Field Crops	Wheat/barley	57
	Corn	50
	Rice	24
	Soybean	22
	Canola	11
	Cotton	5
	Sugarbeet	4
	Unspecified cropland ^a	62
Vegetables	Vegetables (carrot, lettuce, potato, etc.)	16
Perennial Crops	Orchard (apple, pear, peach, ... including vineyard)	37
	Pasture (clover, alfalfa, pasture seed, etc.)	23
	Forestry	8
	Other perennial (tea, coffee, rubber, mint, etc.)	8
Noncrop	Noncrop (roadside, railway, industrial site)	35

^a Respondents of the survey only indicated that the resistant biotype was found on "cropland" in their region in general and did not specify all the crops.

Source: Compiled from data in Reference 37

Casi di resistenza ufficialmente registrati in Italia

Specie	Modalità d'azione
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Inibitori ALS
<i>Amaranthus hybridus</i>	Inibitori PS II
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Inibitori PS II
<i>Avena ludoviciana</i>	Inibitori ACCasi
<i>Chenopodium album</i>	Inibitori PS II
<i>Cyperus difformis</i>	Inibitori ALS
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Uree e ammidi
<i>Lolium multiflorum</i> *	Inibitori ACCasi + ALS
<i>Papaver rhoeas</i>	Inibitori ALS
<i>Phalaris paradoxa</i>	Inibitori ACCasi
<i>Scirpus mucronatus</i>	Inibitori ALS
<i>Solanum nigrum</i>	Inibitori PS II
*resistenza multipla	

La resistenza agli erbicidi nelle infestanti

The Top 25 Worst Herbicide-Resistant Weeds Weighted by Propensities in Countries, MOA, Sites, Hectares, and Cropping Systems

Common Name	Species	No. Countries	No. MOA	No. Sites	No. Hectares	No. Cropping Regimes
1. Rigid ryegrass	<i>Lolium rigidum</i>	16	8	7,000	836,400	6
2. Wild oat	<i>Avena fatua</i>	16	6	22,100	2,941,200	4
3. Redroot pigweed	<i>Amaranthus retroflexus</i>	15	3	11,500	31,900	10
4. Lambsquarters	<i>Chenopodium album</i>	18	2	19,700	463,600	5
5. Green foxtail	<i>Setaria viridis</i>	6	4	3,800	1,220,900	5
6. Barnyardgrass	<i>Echinochloa crus-galli</i>	15	6	1,200	817,600	4
7. Goosegrass	<i>Eleusine indica</i>	5	5	6,300	20,100	6
8. Kochia	<i>Kochia scoparia</i>	4	3	50,400	189,200	4
9. Horseweed	<i>Conyza canadensis</i>	14	4	1,400	7,300	7
10. Palmer amaranth	<i>Amaranthus palmeri</i>	3	3	12,000	356,200	5
11. Common groundsel	<i>Senecio vulgaris</i>	12	3	1,900	6,800	6
12. Smooth pigweed	<i>Amaranthus hybridus</i>	8	2	10,200	32,900	4
13. Annual bluegrass	<i>Poa annua</i>	15	6	1,100	5,200	4

Fattori che influenzano la dinamica di popolazione in presenza di individui resistenti

- Intensità della pressione di selezione (frequenza di applicazione, persistenza, specificità d'azione)
- Frequenza di alleli di resistenza nella popolazione naturale (non selezionata)
- Modalità di trasmissione genetica del carattere di resistenza
- Fitness relativa dei biotipi sensibili e resistenti in presenza e assenza dell'erbicida
- Flusso di geni (“*gene flow*”) entro e tra popolazioni

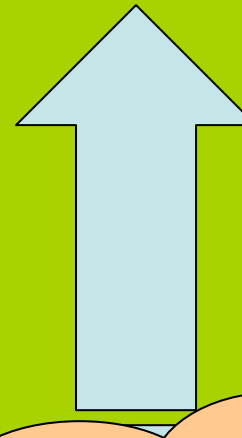
FATTORI CHE FAVORISCONO L'INSORGENZA DI RESISTENZE

- **Le monosuccessioni colturali prolungate**
- **L'impiego ripetuto negli anni di un erbicida o di diversi erbicidi, ma con il medesimo meccanismo d'azione o di detossificazione**
- **L'impiego di prodotti dotati di modo d'azione specifico che agiscono cioè al livello di un singolo bersaglio cellulare, passibile di essere modificato se insorgono mutazioni del gene che controlla la sintesi del composto**
- **Mancato rispetto delle dosi e utilizzo delle dosi ridotte**

INFESTANTI PIU' SUSCETTIBILI ALL'INSORGENZA DI RESISTENZE

- **Semi di ridotta longevità**
- **Grande prolificità**
- **Elevata scalarità di emergenza**
- **Elevata densità di individui per unità di superficie**
- **Alta plasticità genetica e fenotipica**
- **Alto tasso di mutazione**

Enzima bersaglio: ACCasi alterato



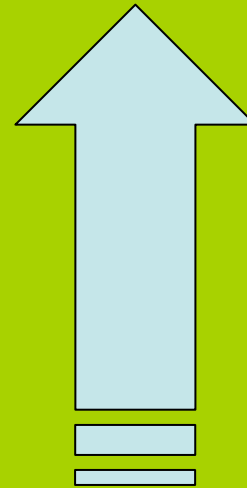
“FOP”

(ARILOSSIFENOSSIPROPIONATI)

“DIM”

(CICLOESANONI)

Enzima bersaglio: ALS modificato



Solfonilammidi

Solfoniluree

Imidazolinoni

Come progredisce la resistenza

Progresso delle infestanti resistenti ad un'applicazione annua di chlorsulfuron

Anno del trattamento	% della popolazione naturale costituita dal biotipo resistente
0	0,0001 (1 in un milione)
1 applicazione	0,001 (controllo ottimo)
2 applicazioni	0,02 (controllo ottimo)
3 applicazioni	0,3 (controllo ottimo)
4 applicazione	4,2 controllo buono)
6 applicazione	60,5 <u>(fallimento del trattamento)</u>

GLI EFFETTI INDESIDERATI **RIGUARDANO**

- LA FLORA INFESTANTE:**
flora di *sostituzione* o di
compensazione

Flora di *sostituzione* o di *compensazione*

Rispetto alla flora originaria, la struttura è caratterizzata da:

- **specie prima dominanti ora sporadiche**
- **sporadiche diventate più invasive**
- **insorgenza di popolazioni resistenti**
e/o
con minore sensibilità agli erbicidi

La “nuova” flora è costituita da specie infestanti che:

- **hanno acquisito resistenza e/o sviluppato una diminuita sensibilità ad erbicidi**
utilizzati ripetutamente e con sostanze attive agenti sullo stesso sito d'azione
 - **da sporadiche sono diventate più frequenti** rispetto al passato,
perché poco o per niente sensibili
agli erbicidi comunemente impiegati
(non nello spettro d'azione)

Situazione in Italia

- Fino alla metà degli anni '90 solo un impatto marginale
- Dalla metà degli anni '90 la situazione si è evoluta: sono stati identificati 23 biotipi resistenti, che coinvolgono 17 specie infestanti e 15 regioni

SITUAZIONE NEL SUD ITALIA

SPECIE DOMINANTI

Resistenza accertata dal G.I.R.E

(Gruppo Italiano Resistenza Erbicidi)

***Avena sterilis* (avena selvatica)**

***Lolium* spp. (loglio)**

***Phalaris paradoxa* (scagliola sterile)**

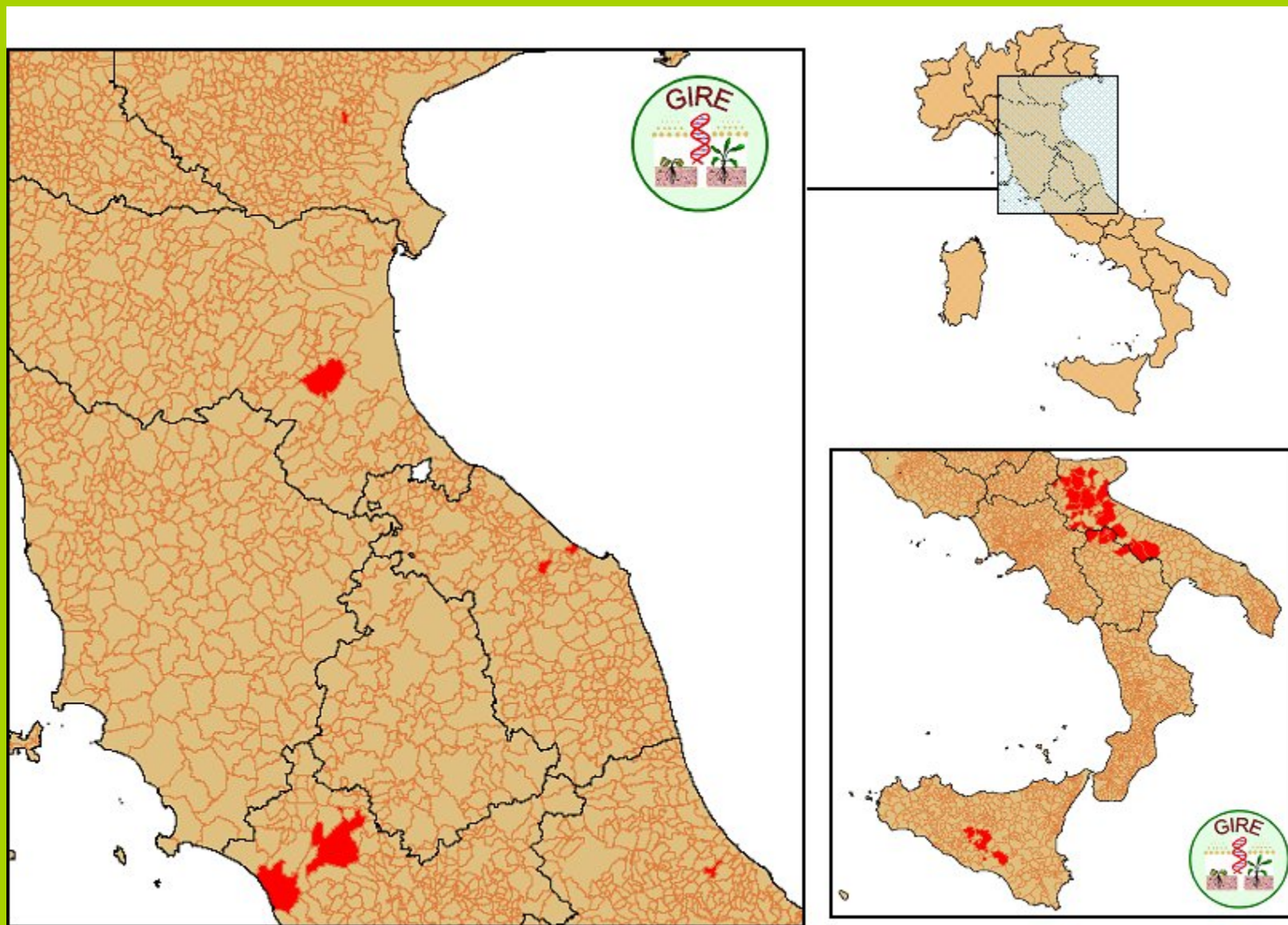
***Papaver rhoeas* (papavero)**

***Sinapis arvensis* (senape selvatica)**

***Avena sterilis* (avena selvatica)**
Ecotipi resistenti
ad erbicidi inibitori dell'ACCase



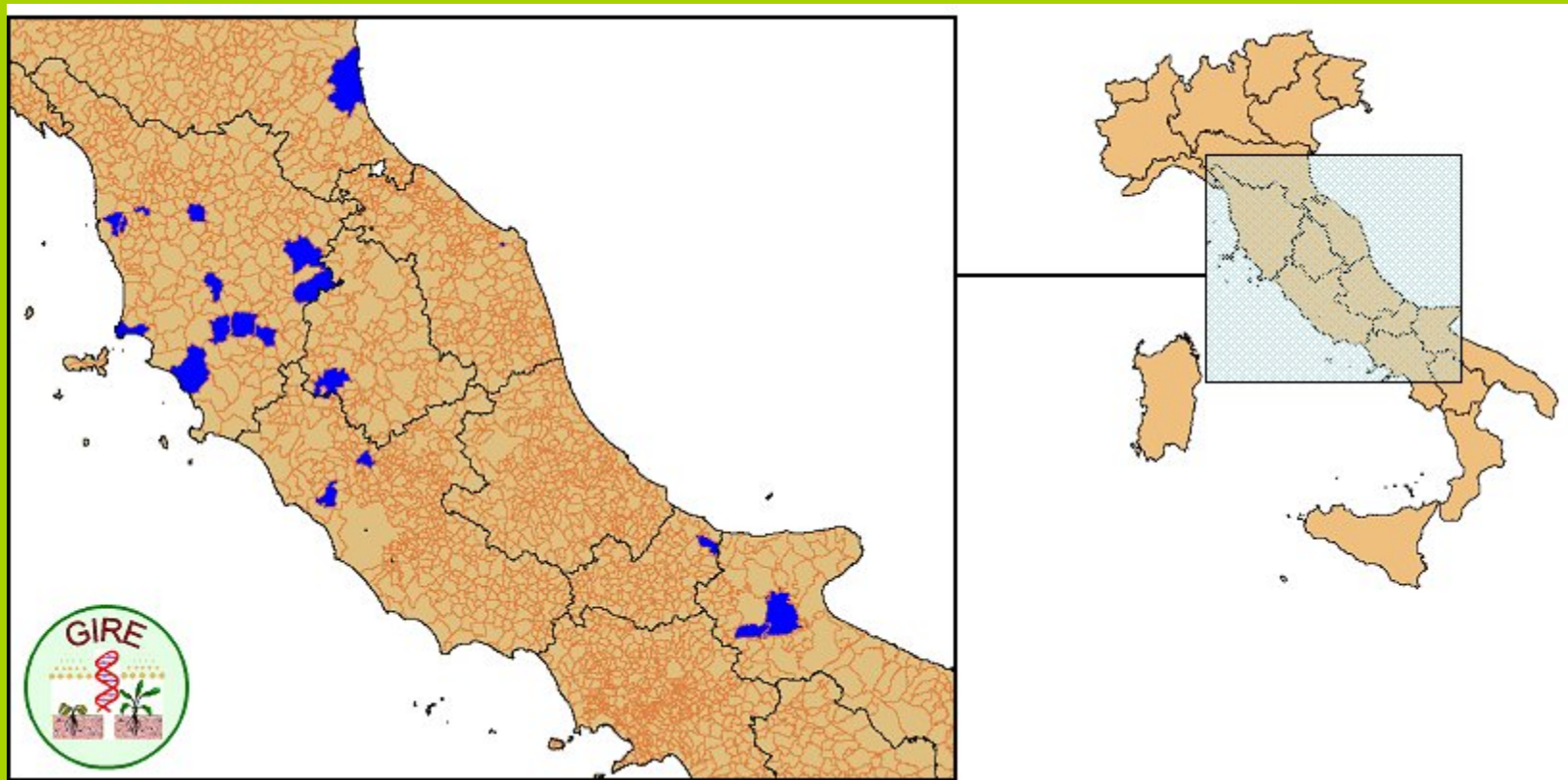
***Avena sterilis* resistente all'ACCasi**



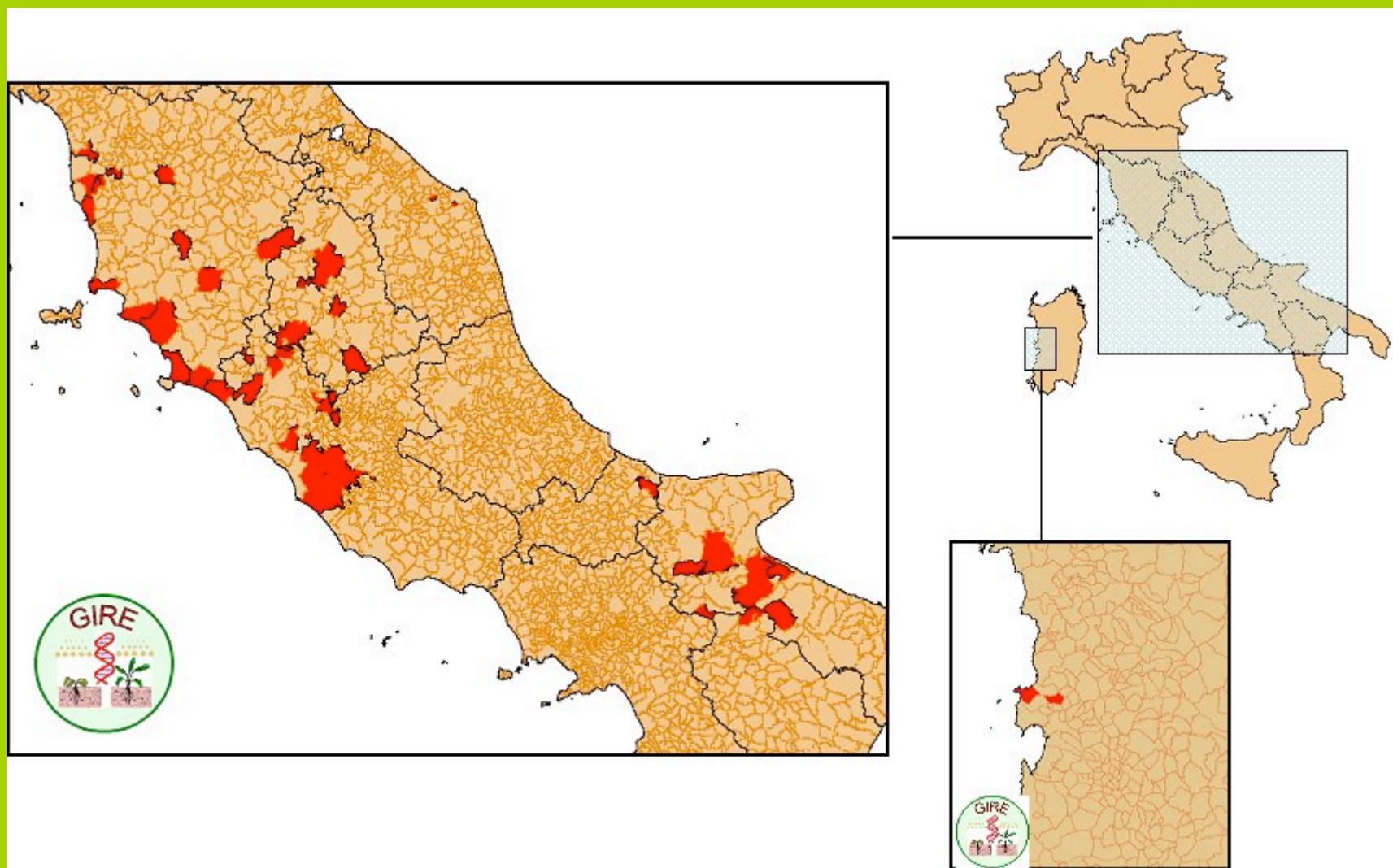
Lolium spp. (loglio)
Ecotipi resistenti
ad erbicidi inibitori dell'ACCase
ed all'ALS



***Lolium* spp. resistente all'ALS**



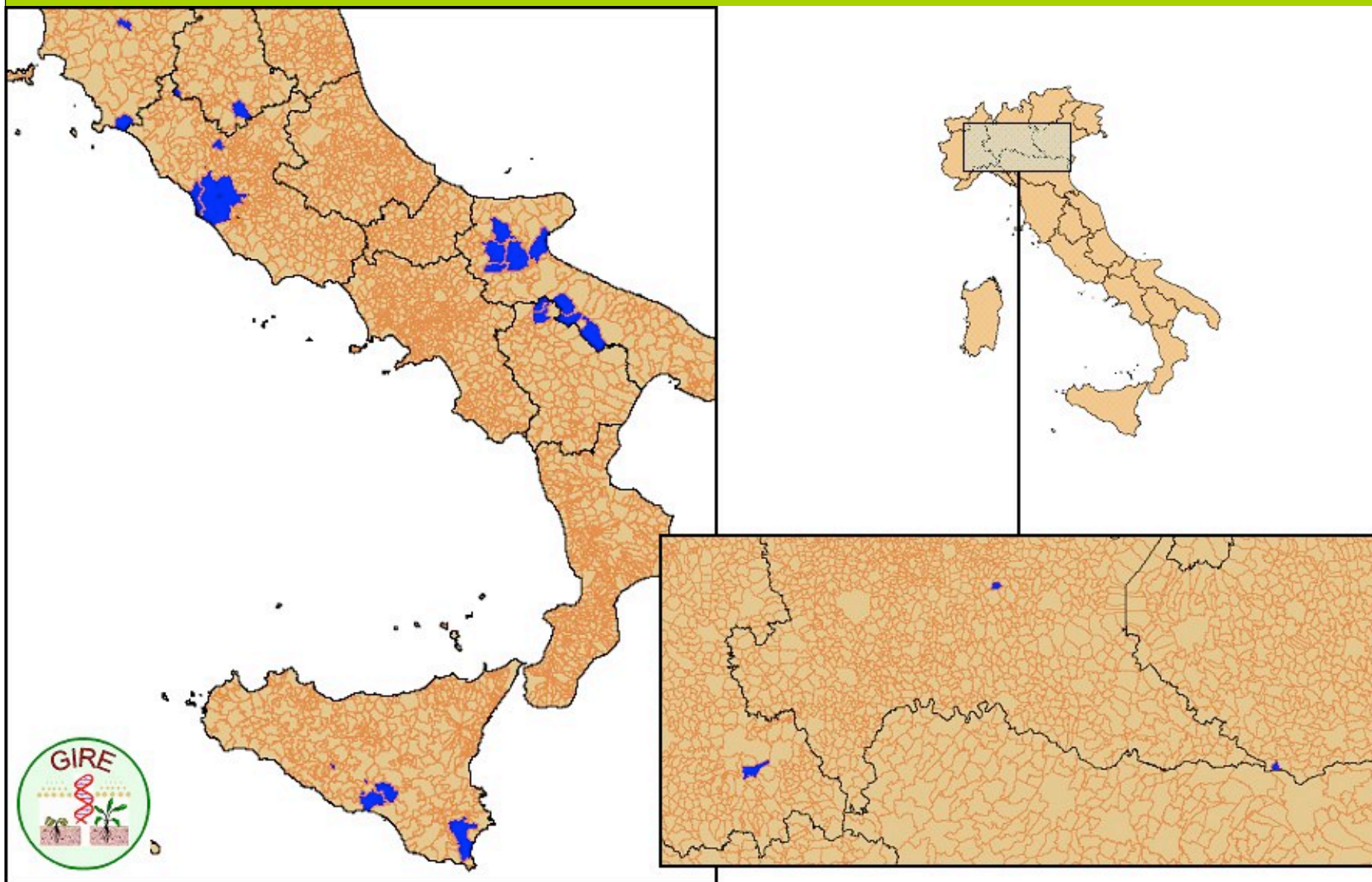
***Lolium* spp. resistente all'ACCasi**



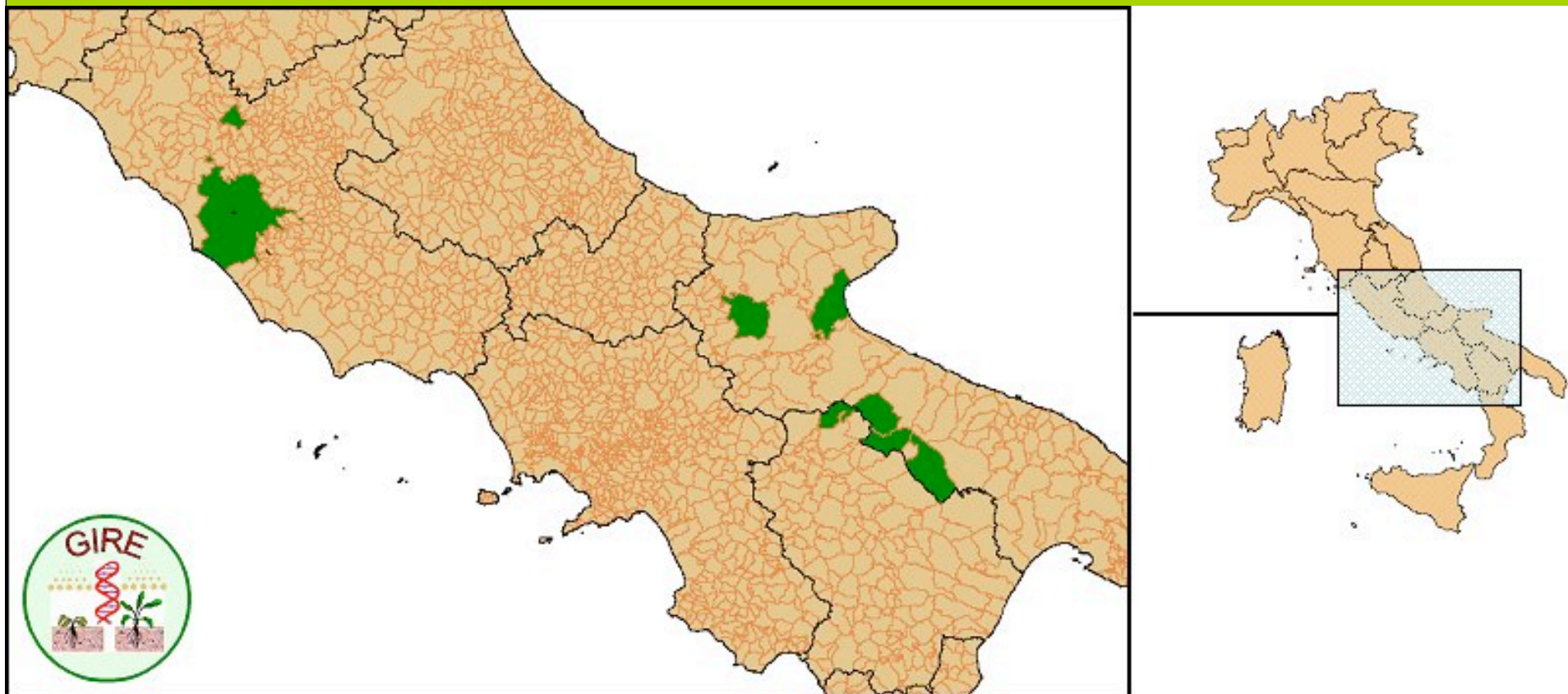
***Papaver rhoeas* (papavero)**
Ecotipi resistenti
ad erbicidi inibitori
dell'ALS ed al 2,4-D



Papaver rhoeas resistente all'ALS



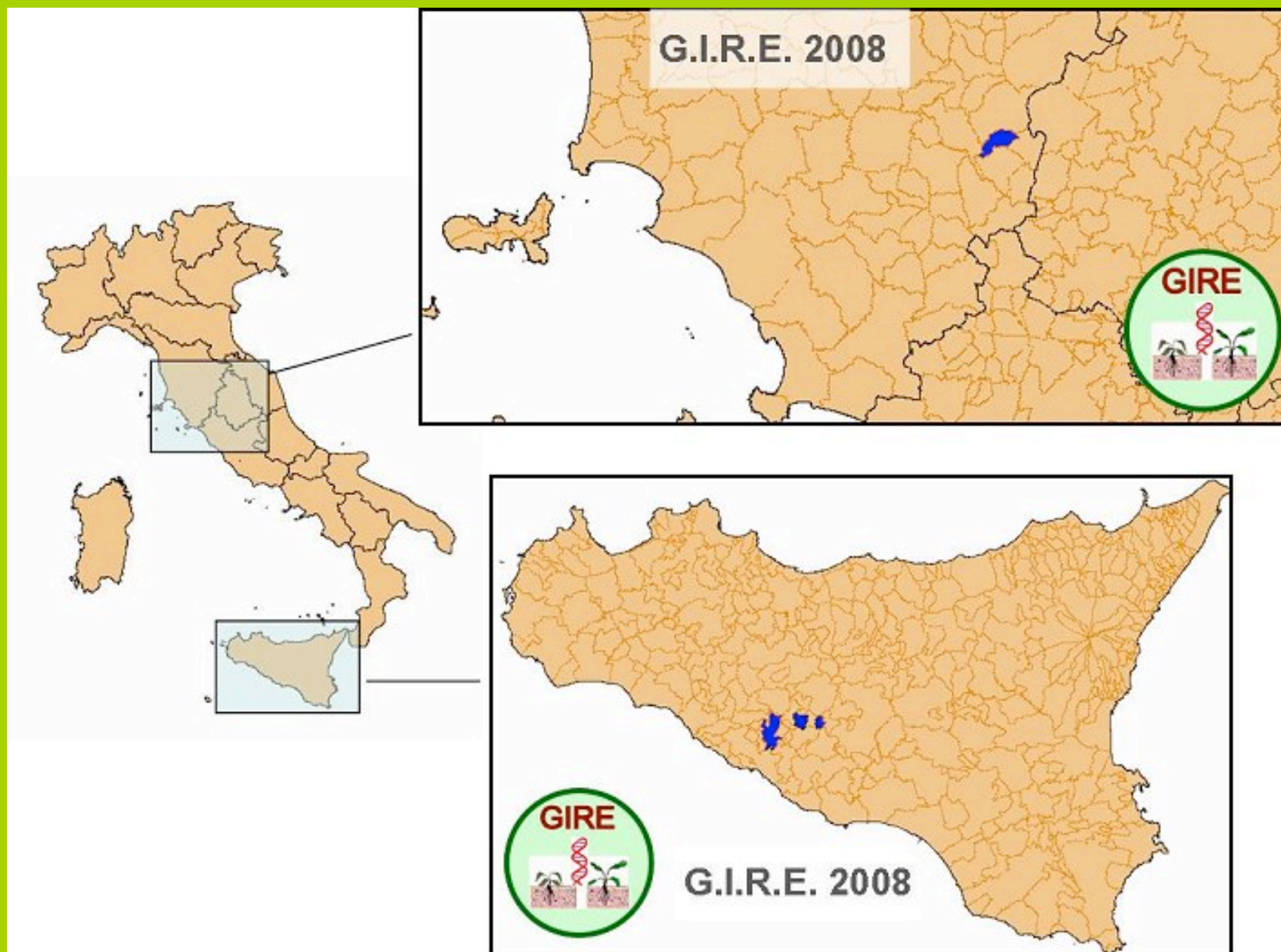
***Papaver rhoeas* resistente al 2,4-D**



***Sinapis arvensis* (senape selvatica)**
Ecotipi resistenti
ad erbicidi inibitori
dell'ALS



Sinapis arvensis resistente all'ALS

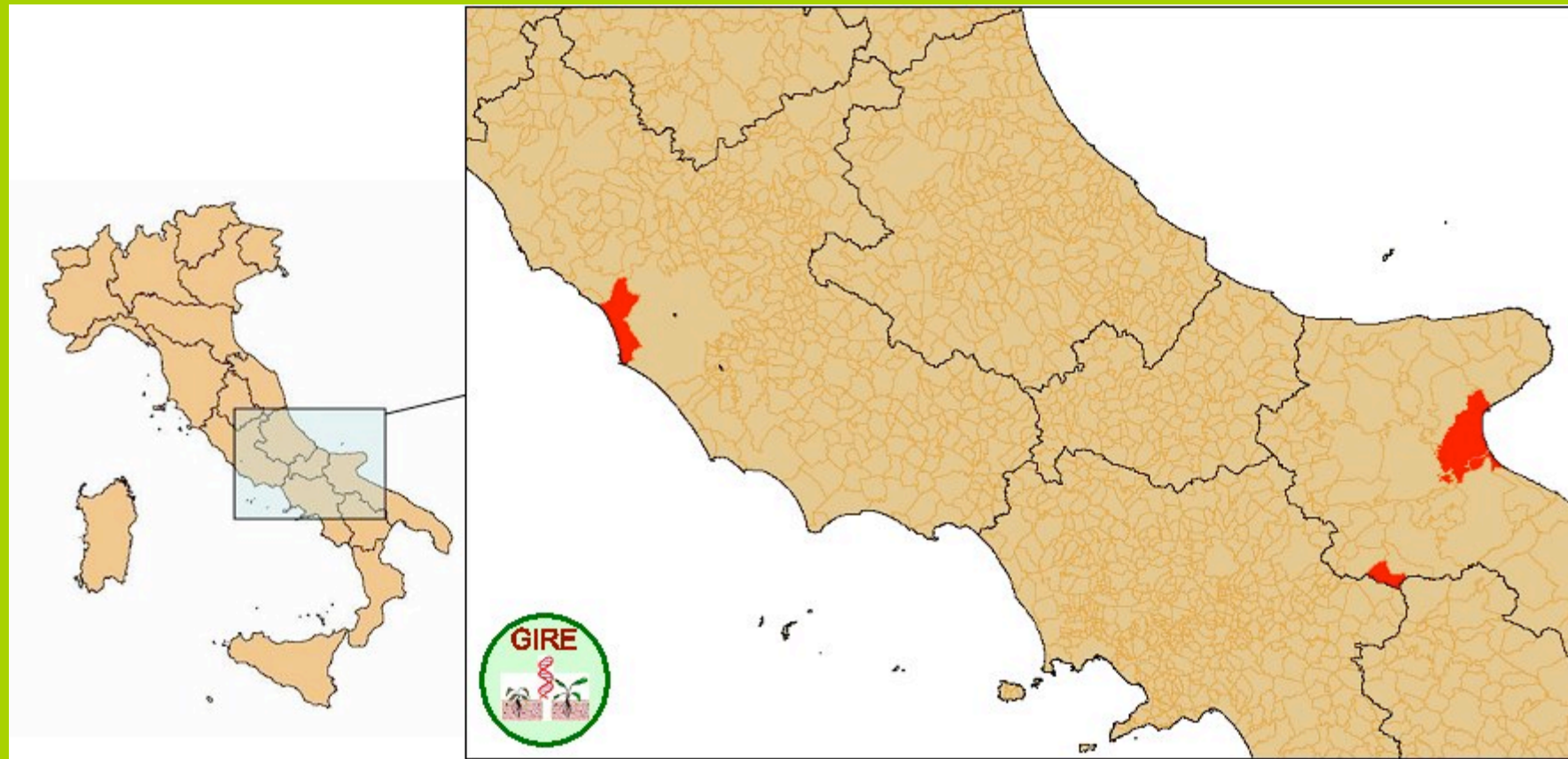


***Phalaris paradoxa* (scagliola sterile)**

**Ecotipi resistenti
ad erbicidi inibitori dell'ACCasi**



***Phalaris paradoxa* resistente all'ACCasi**



Sporadiche diventate più frequenti

***Anthemis arvensis* (camomilla bastarda)**

***Scandix pecten-veneris* (pettine di venera)**

***Calendula arvensis* (cappuccino dei campi)**

***Silybum marianum* (cardo mariano)**

***Viola arvensis* (viola dei campi)**

***Conyza canadensis* (impia)**

***Anthemis arvensis* (camomilla bastarda)**



***Scandix pecten-veneris* (pettine di venere)**



Scandix pecten-veneris



***Calendula arvensis* (cappuccino dei campi)**



Sporadiche diventate più frequenti

***Anthemis arvensis* (camomilla bastarda)**

***Scandix pecten-veneris* (pettine di venere)**

**Non o poco sensibili agli ormonici
(2,4-D - MCPA, ecc.)**

Calendula arvensis



***Silybum marianum* (cardo mariano)**



Sporadiche diventate più frequenti

***Calendula arvensis* (cappuccino dei campi)**

***Silybum marianum* (cardo mariano)**

**Non o poco sensibili alle solfoniluree
(erbicidi inibitori ALS)**

***Viola arvensis* (viola dei campi)**



Sporadiche diventate più frequenti

***Viola arvensis* (viola dei campi)**

**Non sensibile agli ormonici ed
alla maggior parte delle solfoniluree**

Conyza canadensis (impia)
Sporadiche diventate più frequenti

Non o poco sensibile al glyphosate



La resistenza è in espansione deve essere frenata perché può causare:

- **perdite di produzione**
- **incremento dei costi sia per gli agricoltori che per le società produttrici di fitofarmaci**
- **incremento dell'uso fitofarmaci con conseguente aumento del rischio per gli utilizzatori, i consumatori e l'ambiente**
- **totale perdita di costosi e sofisticati o parziale strumenti tecnici come sono gli agrofarmaci**

In altre parole

- **Perdita di uno strumento ad alta tecnologia, in un contesto di drastica riduzione del tasso di introduzione di nuove sostanze attive**
 - **Costo per l'agricoltore**
 - **Costo per la collettività (ambientale)**

LA RESISTENZA È UN COSTO

- Ogni standardizzazione dei sistemi colturali incrementa il rischio di resistenza
- Per gestire sistemi ad alto rischio c'è bisogno di maggiore professionalità

**La resistenza non è un problema
irrisolvibile, ma un fenomeno
gestibile attraverso:**

- **la conoscenza degli aspetti
teorici e gestionali del problema**
- **il controllo integrato**
- **un comportamento responsabile
di tutti gli operatori del settore**

Gestione delle resistenze

```
graph TD; A[Gestione delle resistenze] --> B(PREVENZIONE); A --> C(ERADICAZIONE);
```

A flowchart on a green background. At the top is a light green rectangular box containing the text 'Gestione delle resistenze'. Two black arrows point downwards from the bottom center of this box to two light blue oval shapes. The left oval contains the text 'PREVENZIONE' and the right oval contains the text 'ERADICAZIONE'.

PREVENZIONE

ERADICAZIONE

E' indispensabile

- **Monitorare la situazione**
 - **Conoscere la biologia delle specie interessate**
- **Caratterizzare i biotipi resistenti**

ACCORGIMENTI ANTI-RESISTENZA

**ESECUZIONE OTTIMALE
DEGLI INTERVENTO DI DISERBO**

- **Rispetto delle dosi d'impiego**
- **Uso di coadiuvanti (bagnanti)**
- **Condizioni meteo**
- **Precisione nella distribuzione**

**LA GESTIONE INTEGRATA
DELLA COLTURA
E QUINDI DEL DISERBO
CONSENTE
DI OTTIMIZZARE
LA SCELTA E L'ESECUZIONE
DI TUTTE
LE PRATICHE AGROMOMICHE
E DI DIFESA!**

**COMPLESSIVAMENTE
SI HANNO MINORI PROBLEMI
ED AUMENTANO
LE POSSIBILITA' DI RENDERE
PIU' REDDITIZIA LA COLTURA**

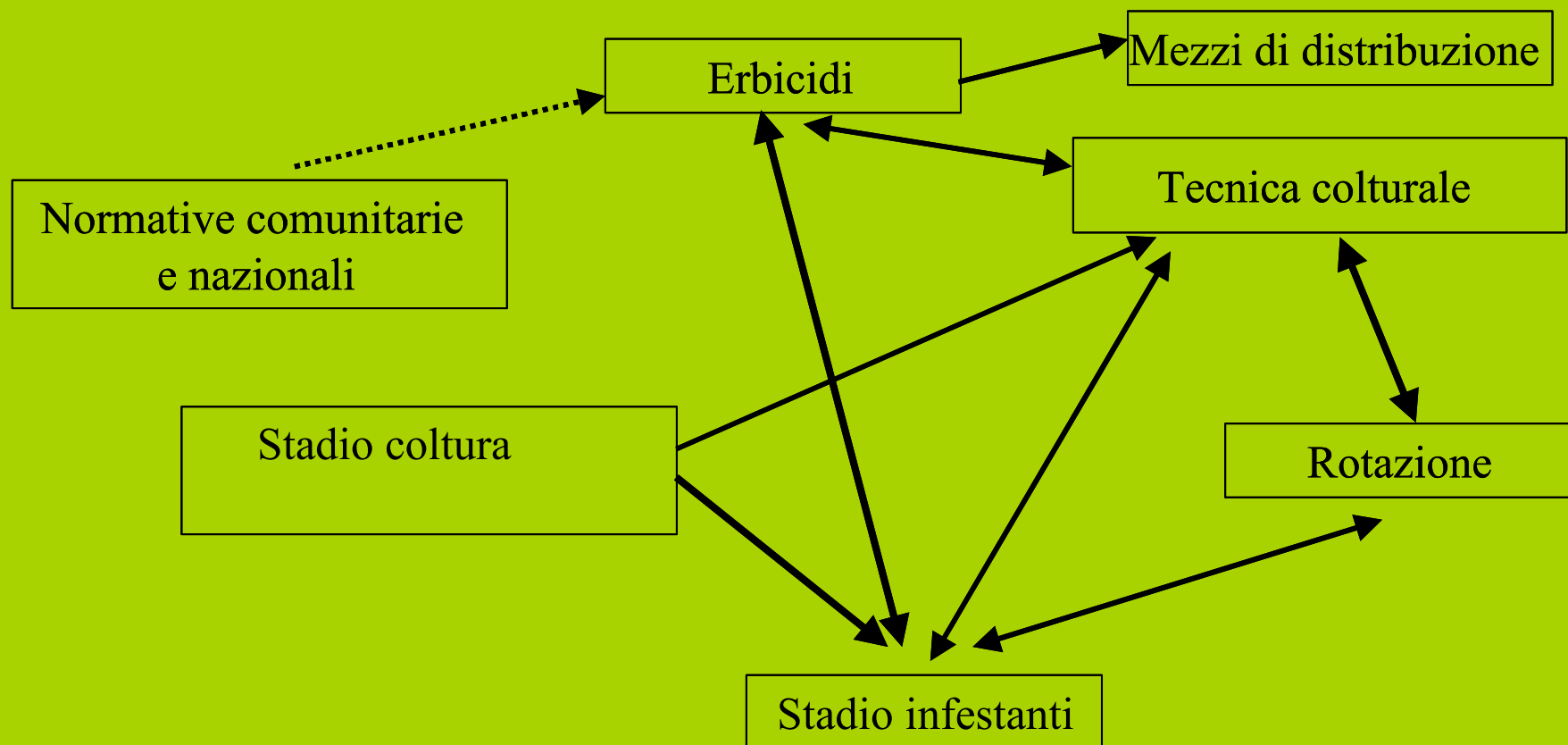
**AGRICOLTURA
DA TERZO MILLENNIO!**

Controllo integrato delle infestanti

Si basa sull'integrazione e sinergia tra i diversi mezzi a disposizione

- chimici (selettivi e non)**
- fisici**
- agronomici**

PRINCIPALI FATTORI CHE INTERAGISCONO CON IL DISERBO CHIMICO



ACCORGIMENTI ANTI-RESISTENZA

- Rotazione con colture dove sia possibile utilizzare erbicidi con diverso meccanismo d'azione
- Integrazione dei metodi di diserbo
- Evitare di intervenire con lo stesso erbicida o con erbicidi con lo stesso meccanismo d'azione più volte in una stagione di crescita delle infestanti
- Utilizzo di erbicidi a diverso meccanismo d'azione e possibilmente in miscela

ACCORGIMENTI ANTI-RESISTENZA

- Eliminazione preventiva: falsa semina con l'impiego di erbicidi non selettivi (glifosate, diquat, ecc.)
- Purezza delle sementi
- Lavorazione del terreno-profondità
- Investimento della coltura
- Asportazione dal campo delle piante prima della disseminazione

ACCORGIMENTI ANTI-RESISTENZA

- Ricorrere ad erbicidi di PRE
- Porre attenzione al diserbo di POST: evitare o almeno limitare il ricorso alle dosi ridotte e frazionate
- Rispetto delle dosi di etichetta
- Distribuzione localizzata degli erbicidi con sarchiature interfilari
- Preferire miscele di erbicidi

ATTENZIONE!

**NON ABBASSARE LA “GUARDIA”
VERSO LE ERBE INFESTANTI
E NON FAVORIRE
LA RESISTENZA:**

- SI POSSONO “BRUCIARE”
DEGLI ERBICIDI DISPONIBILI!
(graminicidi e solfoniluree)**

ATTENZIONE!

NON ABBASSARE LA “GUARDIA”

- SONO STATI “GIA BRUCIATI”
TANTI ERBICIDI!**
- NEL PROSSIMO FUTURO
NON SONO PREVISTI
MOLTI NUOVI PRODOTTI**

Conclusioni

- Il tasso di introduzione di nuovi erbicidi continua a diminuire
- Recentemente non è stato introdotto, e non è previsto a breve breve-medio termine alcun nuovo MOA
- Nuova direttiva quadro sull'uso sostenibile degli fitofarmaci e nuovo regolamento in sostituzione della direttiva 91/414
 - Perdita di sostanze attive in commercio
 - Minori opportunità di ruotare MdA
 - Il processo di autorizzazione dei fitofarmaci ed il loro uso comprende l'analisi del rischio di resistenza

Conclusioni

Indispensabile

- Una produzione integrata delle colture
- Ottimizzare tutte le pratiche agronomiche e di difesa
- Evitare la standardizzazione dei sistemi colturali e dell'uso degli erbicidi, per non creare le condizioni per l'avanzamento della resistenza
- Il controllo integrato delle malerbe dovrebbe essere adottato su larga scala

Grazie per l'attenzione