

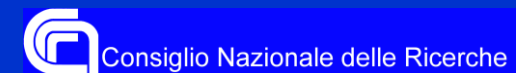
Infestanti resistenti agli erbicidi: aggiornamento e problematiche emergenti nel polesine

Maurizio Sattin

CNR - Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante

(IPSP)

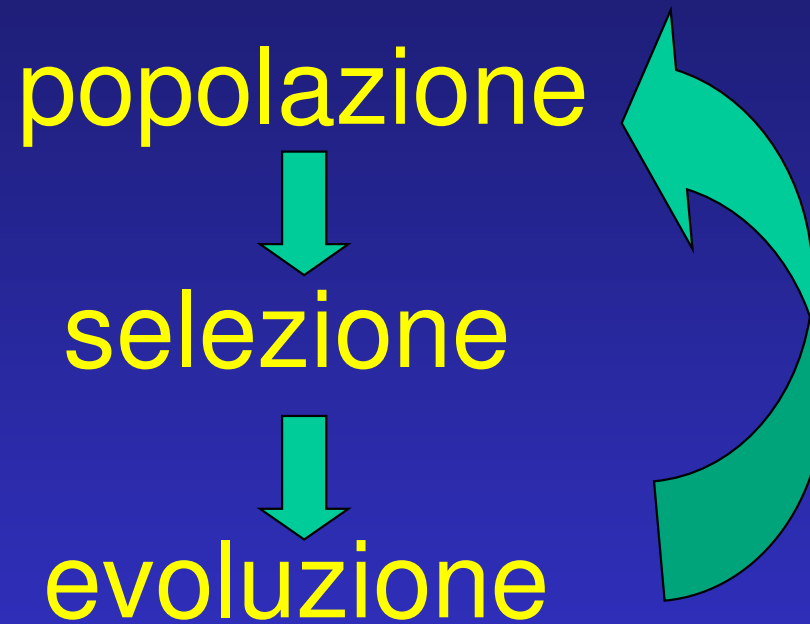
Legnaro (Padova)



Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi (GIRE)
www.resistenzaerbicidi.it



In natura (*sensu lato*) nulla è stabile



- ↪ Variabilità genetica, pressione di selezione,
- ↪ adattabilità (fitness), plasticità,

Standardizzare le pratiche colturali nel tempo e nello spazio significa accelerare la selezione delle specie infestanti che più si adattano a tale sistema colturale

Effetto di alcuni tipi di lavorazione sui principali gruppi biologici de infestanti.

+ gruppi favoriti, - gruppi sfavoriti, O gruppi indifferenti o con specie che si comportano diversamente

Tipo di lavorazione	Geofite	Emicriptofite	Terofite	
			Semi longevi	Semi non longevi
Aratura	-	-	+	-
Fresatura	+	-	O	O
Estirpatura	O/-	O/-	O	O
Discatura	+	O	O	O
Non Lavorazione	+	+	-	+

↪ La flora infestante è composta di più specie

↪ Non esiste l'erbicida che controlla tutto

↪ Il concetto di tossicità è inscindibile dal
concetto di dose

Processo di selezione

L'insieme delle cause che favoriscono la riproduzione preferenziale di alcuni individui rispetto ad altri

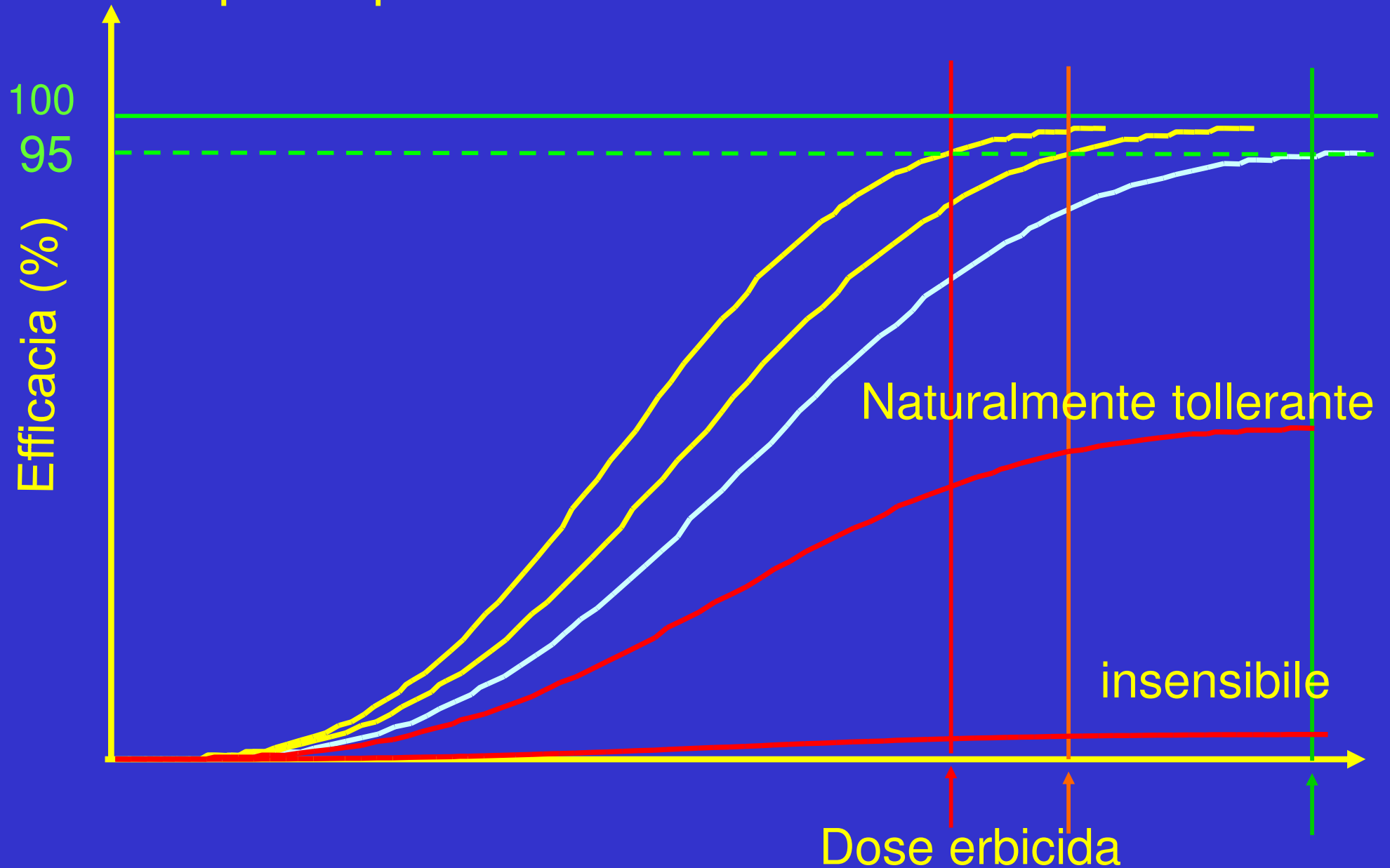
Gli erbicidi sono fattori di selezione molto importanti

Pressione di selezione

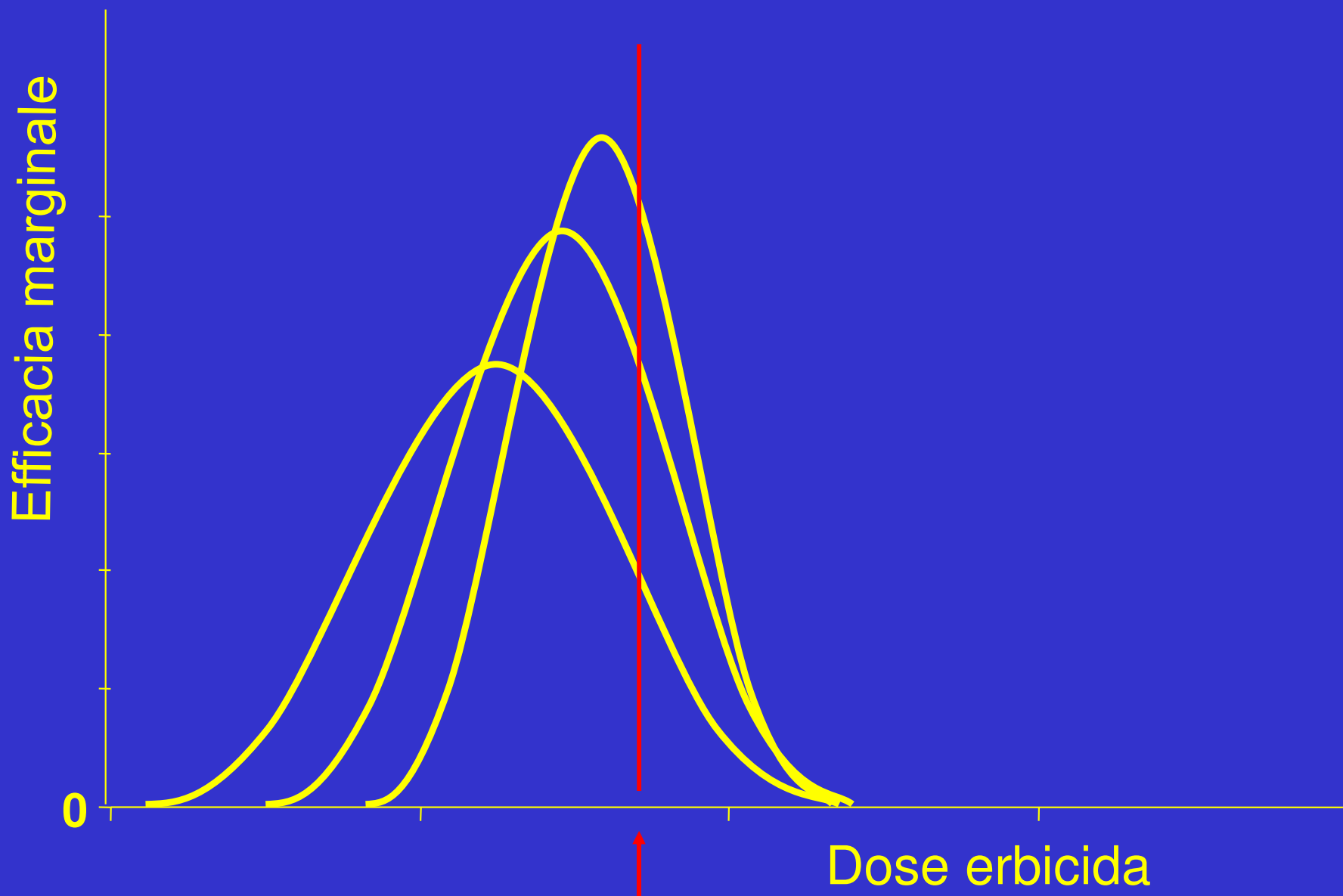
E' il rapporto tra il numero di individui che sopravvivono al trattamento ed il numero totale di individui della popolazione

- Più alto è il livello di controllo e più alta è la pressione di selezione
- Dal punto di vista della dinamica di popolazione, il fattore determinante è la quantità di semi vitali prodotti dalle piante sopravvissute (fitness)

Quale dose di applicazione in relazione alle specie presenti?



Effetto di selezione dell'erbicida



Erbicida

Erbicida



Individui tolleranti →

Selezione →

Popolazione tollerante

Meccanismo d'azione di un erbicida

Si riferisce al meccanismo biochimico o biofisico attraverso il quale un erbicida causa la cessazione della crescita, e spesso la morte, delle malerbe bersaglio

Gli erbicidi possono essere classificati in gruppi in relazione al loro sito d'azione nella pianta

Light Activation of ROS^a

Cellular Metabolism

Cell Division and Growth

C Inhibition of Photosynthesis at PS II

5 D1 Serine 264 binders (and other non-histidine 215 binders)

Inibitori PSII

B Inhibition of Acetolactate Synthase

Inibitori ALS

3 Inhibition of Microtubule Assembly

23 Inhibition of Microtubule Organization

4 Auxin Mimics

24 Uncouplers

19 Auxin Transport Inhibitors

6 Unknown Mode of Action

14 Inhibition of Protoporphyrinogen Oxidase

10 Inhibition of Glutamine Synthetase

22 PS I Electron Diversion

33 Inhibition of Homogentisate Solanesyltransferase

27 Inhibition of Hydroxyphenyl Pyruvate Dioxygenase

32 Inhibition of Solanesyl Diphosphate Synthase

12 Inhibition of Phytoene Desaturase

13 Inhibition of Deoxy-D-Xylose Phosphate Synthase

34 Inhibition of Lycopene Cyclase

A Inhibition of Acetyl CoA Carboxylase

Inibitori ACCasi

15 Inhibition of Very Long-Chain Fatty Acid Synthase

30 Inhibition of Fatty Acid Thioesterase

29 Inhibition of Cellulose Synthase

31 Inhibition of Serine Threonine Protein Phosphatase

9 Inhibition of Serine Threonine Kinase Phosphate Synthase

28 Inhibition of Dihydroorotate Dehydrogenase

18 Inhibition of Dihydroorotate Synthase

G Inhibition of EPSPS

HRAC	Legacy HRAC	HRAC	Legacy HRAC
1	A	19	P
2	B	20	Q
3	K1	21	K2
4	D	22	M
5	C1,2	23	F2
6	C3	24	none
7	G	25	L
8	H	26	Q
9	I	27	R
10	J	28	S
11	K	29	T
12	F1	30	U
13	F4	31	V
14	E	32	Y
15	K3	33	1
16	I	34	W
17	I	35	Z

A free copy of this poster can be downloaded at www.hraglobal.com

Fattori che influenzano l'evoluzione della flora

- **pressione di selezione** (rotazione colturale e di erbicidi con un diverso meccanismo d'azione, controllo fisico e meccanico)
- **numero e densità** delle infestanti
- **frequenza iniziale** di individui naturalmente tolleranti/resistenti
- **Caratteristiche biologiche della pianta e del seme** (es. fitness, tipo di riproduzione, dormienza)

Alcuni esempi di evoluzione della flora infestante in relazione all'uso degli erbicidi

- Flora di sostituzione nel mais a seguito dell'uso esteso e costante dell'atrazina
- Aumento delle specie meno suscettibili al glifosate, soprattutto nelle aree non coltivate
- Fenomeni di mimetismo nel riso
- **Resistenze.....**

L'obiettivo strategico è quello di mantenere equilibrata la flora infestante impedendo o limitando la selezione delle malerbe e quindi l'evoluzione della flora infestante, cioè avere comunità dove:

- Non sono presenti fenomeni di compensazione e resistenza
- Non predominano specie botanicamente vicine alla coltura/e
- C'è un equilibrio fra i vari gruppi eco-fisiologici e biologici

Utilizzazione razionale erbicidi

- prevenire il circolo vizioso tra evoluzione della flora ed uso degli erbicidi
- ruotare od abbinare i meccanismi d'azione
- attenzione alle dosi ed ai momenti di applicazione

- **Importanza di monitorare la situazione**
- **Lo strumento fondamentale nella gestione delle infestanti si basa sui concetti di rotazione dei mezzi di controllo al fine di diminuire la pressione di selezione nel tempo e nello spazio**

cioè

Controllo integrato delle infestanti

- **mezzi chimici (selettivi)**
- **mezzi fisici (non selettivi)**
- **mezzi agronomici (parzialmente selettivi)**

Biotipo resistente

Gruppo di individui che condividono molte caratteristiche fisiologiche, tra le quali la capacità di sopravvivere ad uno o più erbicidi, appartenenti ad un particolare gruppo, utilizzati ad una dose che normalmente li controllerebbe.

Da non confondere con tolleranza che è la naturale ed ereditabile capacità di una pianta di sopravvivere ad un trattamento erbicida.



Meccanismo e spettro di resistenza

- Modificazione del sito d'azione (target site, presenza di varianti)
 - generalmente alti livelli di resistenza
 - coinvolge solo un MdA
- Limitazione (od esclusione) della quantità di principio attivo che raggiunge il sito d'azione
 - livelli di resistenza medio-bassi
 - può coinvolgere anche più MdA

– Resistenza incrociata

la stessa popolazione è resistente a più

p.a. aventi lo stesso MdA

– Resistenza multipla

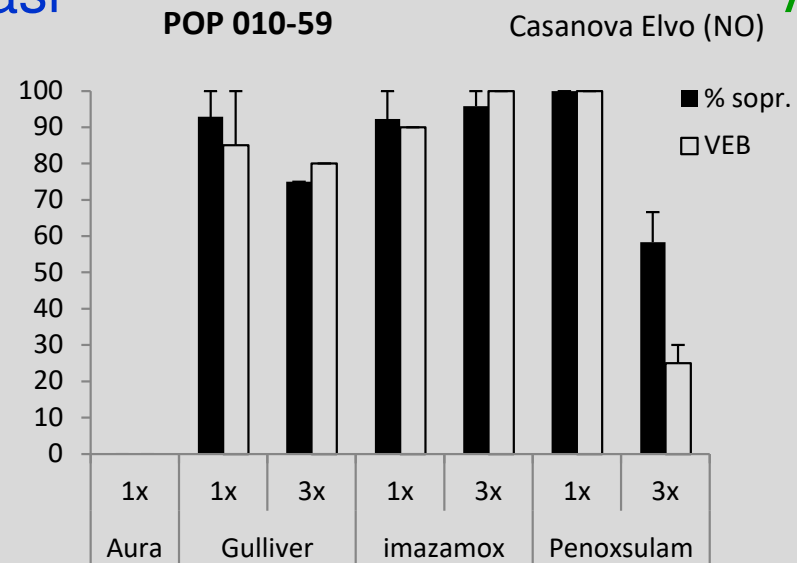
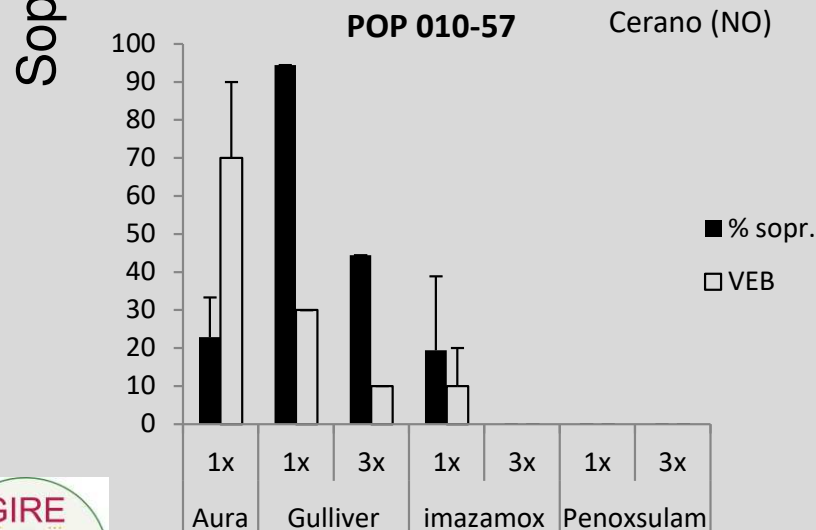
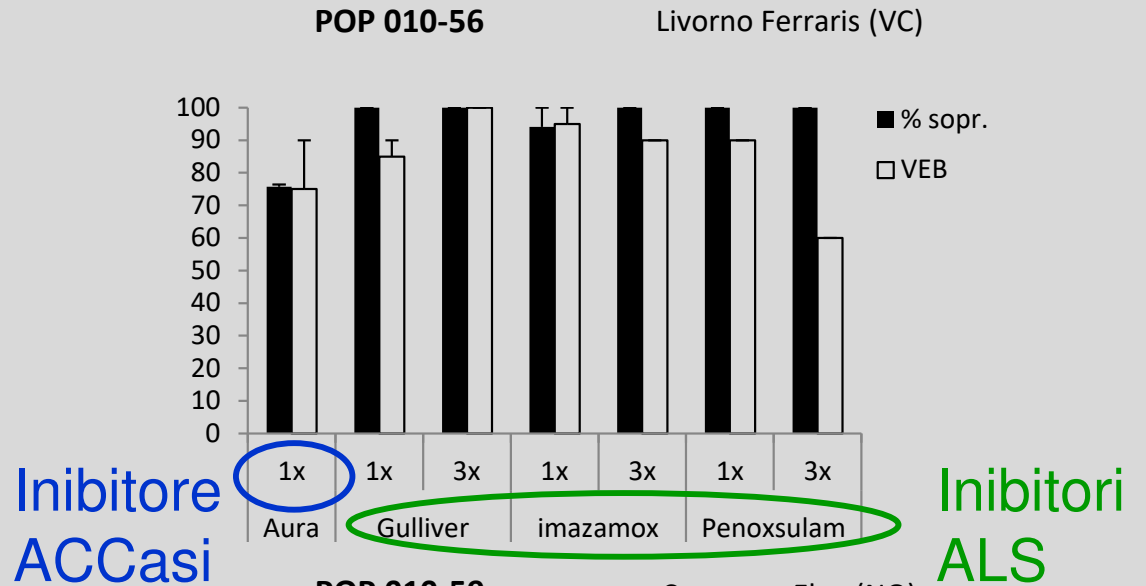
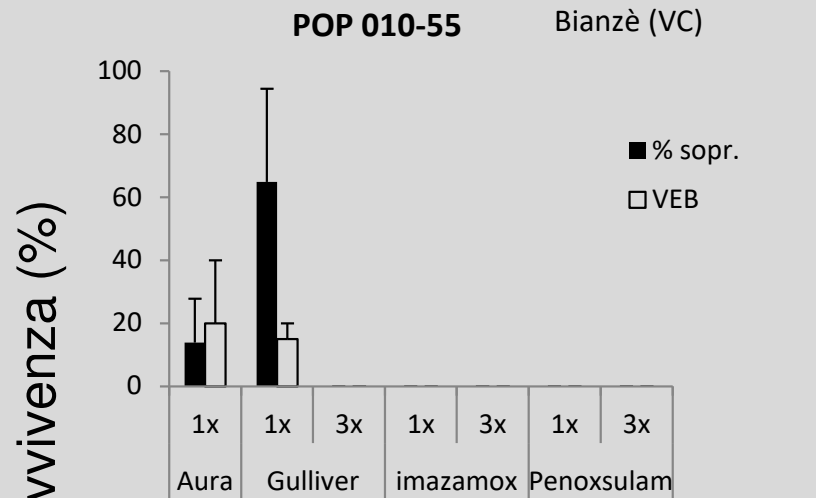
la stessa popolazione è resistente a più

p.a. aventi MdA diversi

Definizioni “agronomiche”

Spettro di resistenza *Echinochloa* spp. in riso

Eterogeneità degli spettri di resistenza



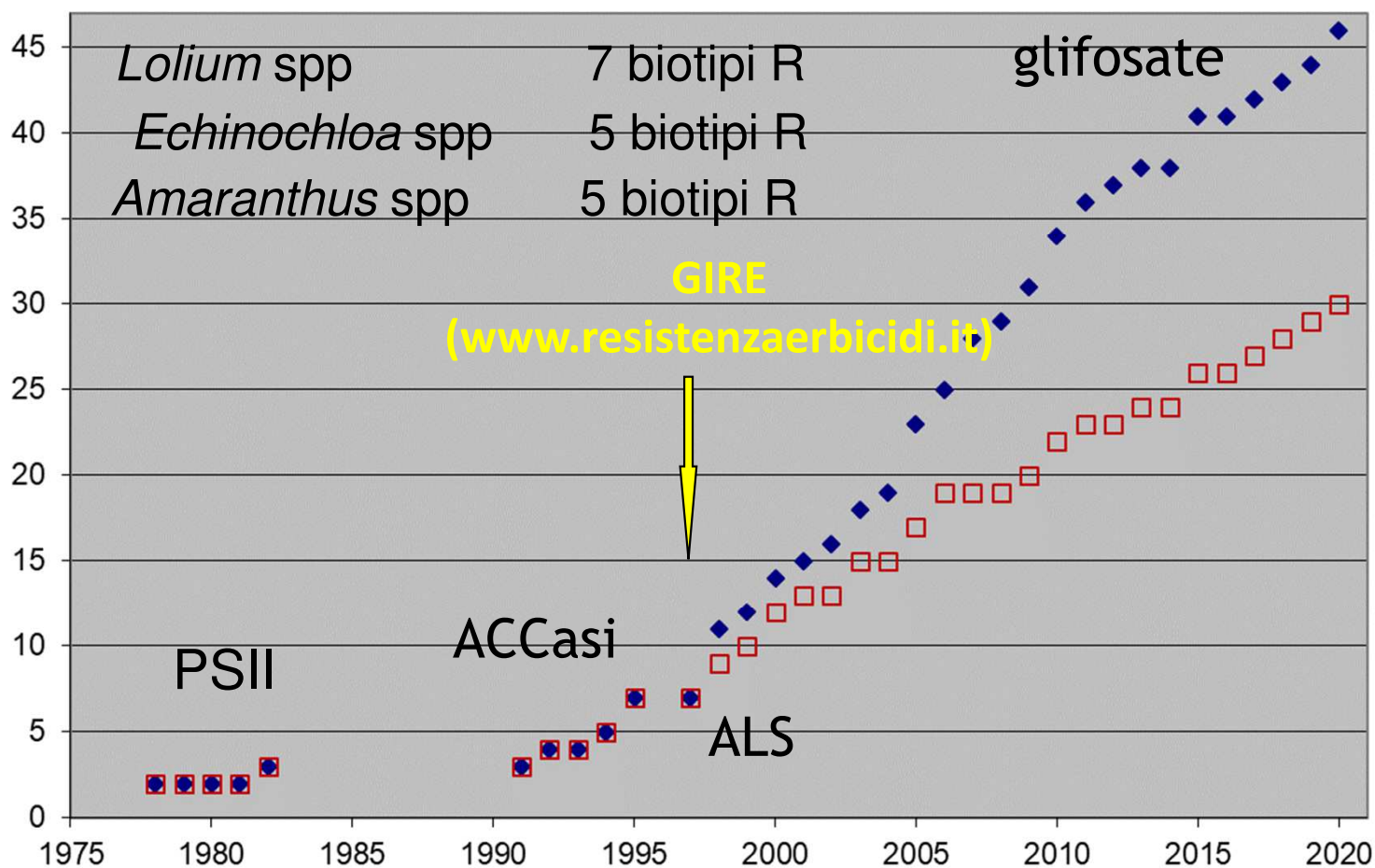
Situazione resistenza in Italia

- **46** biotipi resistenti
- che coinvolgono **30** specie infestanti, prevalentemente monocotiledoni (**17**), di cui **13** *Poaceae*
- **16** regioni interessate
- Sono coinvolti i **5** meccanismi d'azione più utilizzati
- Sistemi colturali coinvolti: **riso, grano, uliveti, mais, soia, vite, noccioleti, agrumeti, medica, agricoltura conservativa, aree non coltivate**
- Negli ultimi anni, evoluzione più veloce nelle infestanti estive
- Incremento dell'uso di «vecchi» meccanismi d'azione, cioè il pre-emergenza



Evoluzione cronologica del n° di biotipi e di specie R in Italia

◆ N° cumulado biotipi R □ N° cumulado specie R





HOME

Istruzioni

Mappe statiche

Mappe dinamiche

Classificazione erbicidi

Tipo di resistenza

TUTTE

Specie infestant

TUTTE

Regione

TUTTE

Sistema colturale

TUTTI

Anno campionamento

dal 1996 al ---

Genera elenco comuni

Crea mappa

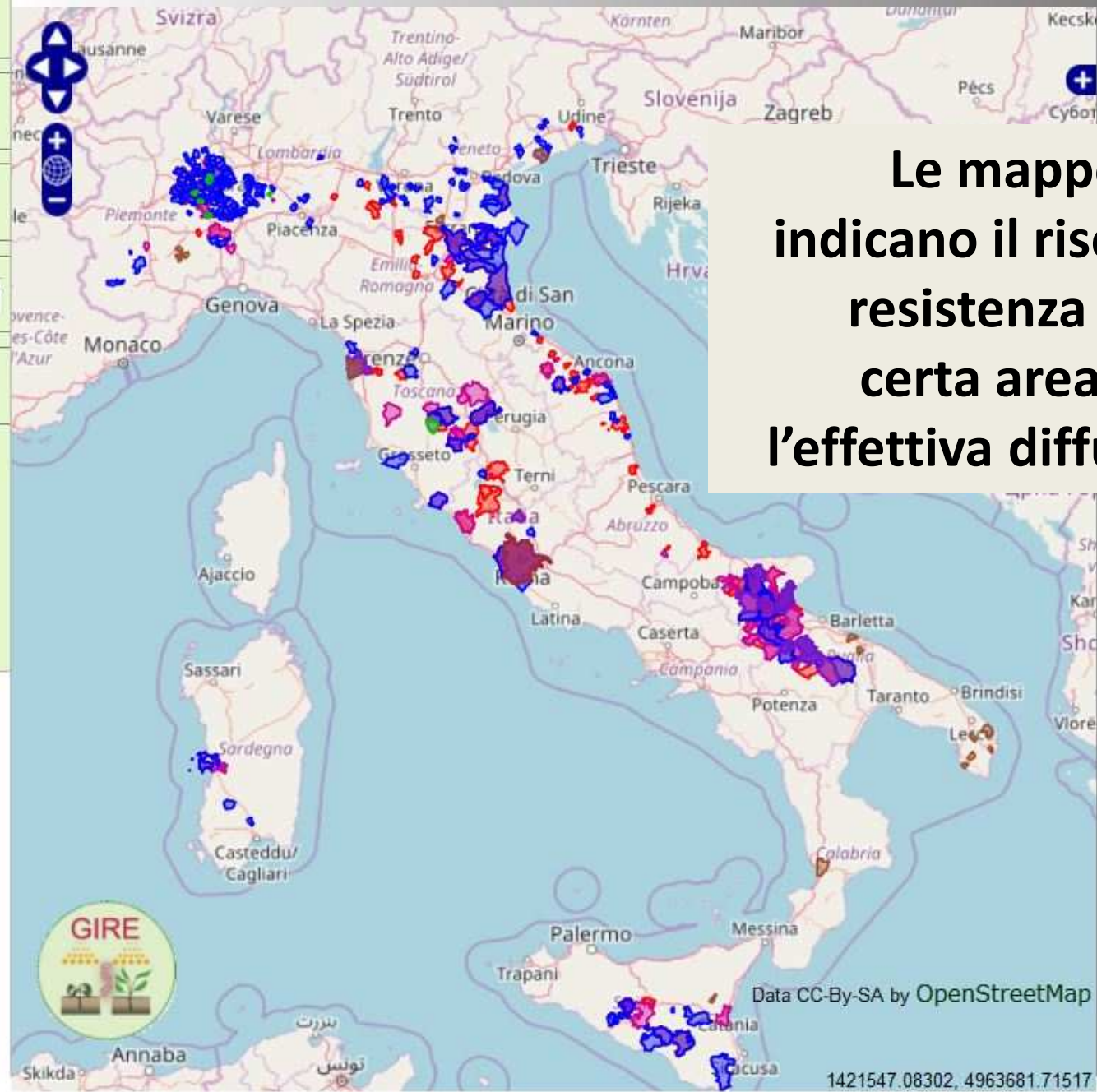
Azzera



Powered by OpenStreetMap

www.resistenzaerbicidi.it

Mappa generata in data: 06 Mar 18 - 12:13



**Le mappe GIRE
indicano il rischio di
resistenza in una
certa area e non
l'effettiva diffusione**

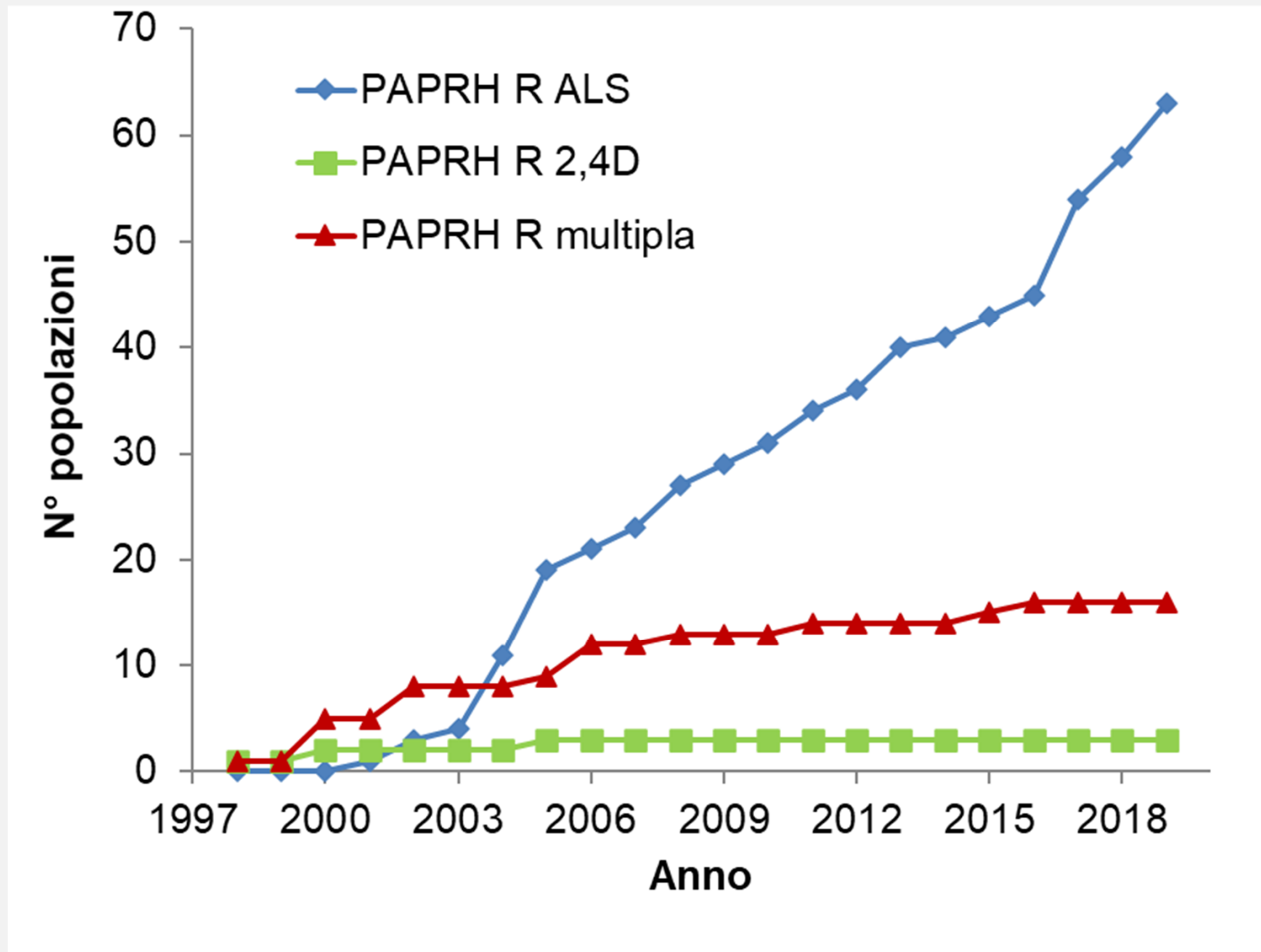


Data CC-BY-SA by OpenStreetMap

1421547.08302, 4963681.71517

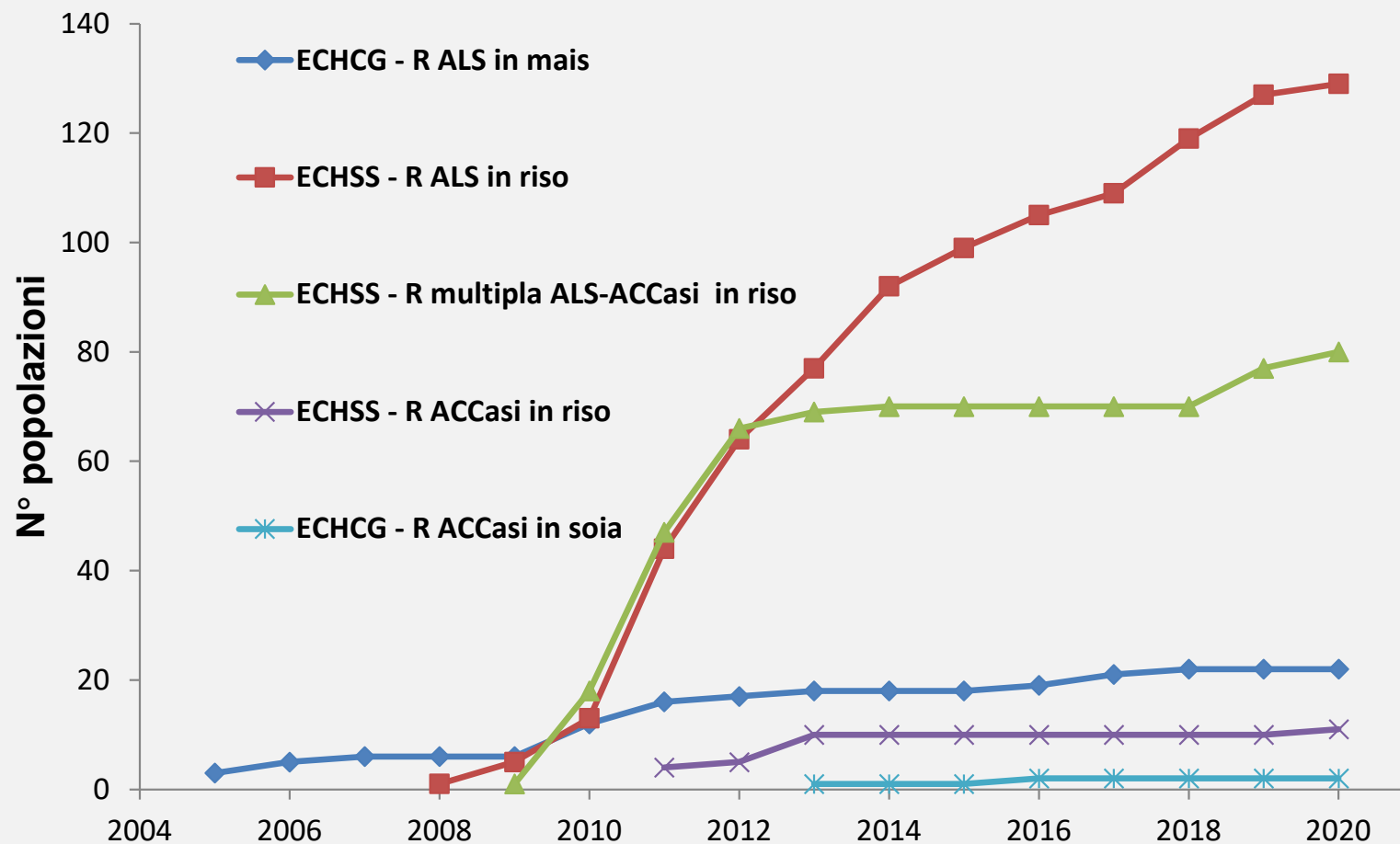
Papaver rhoeas

N° cumulado popolazioni R ad inibitori ALS in Italia

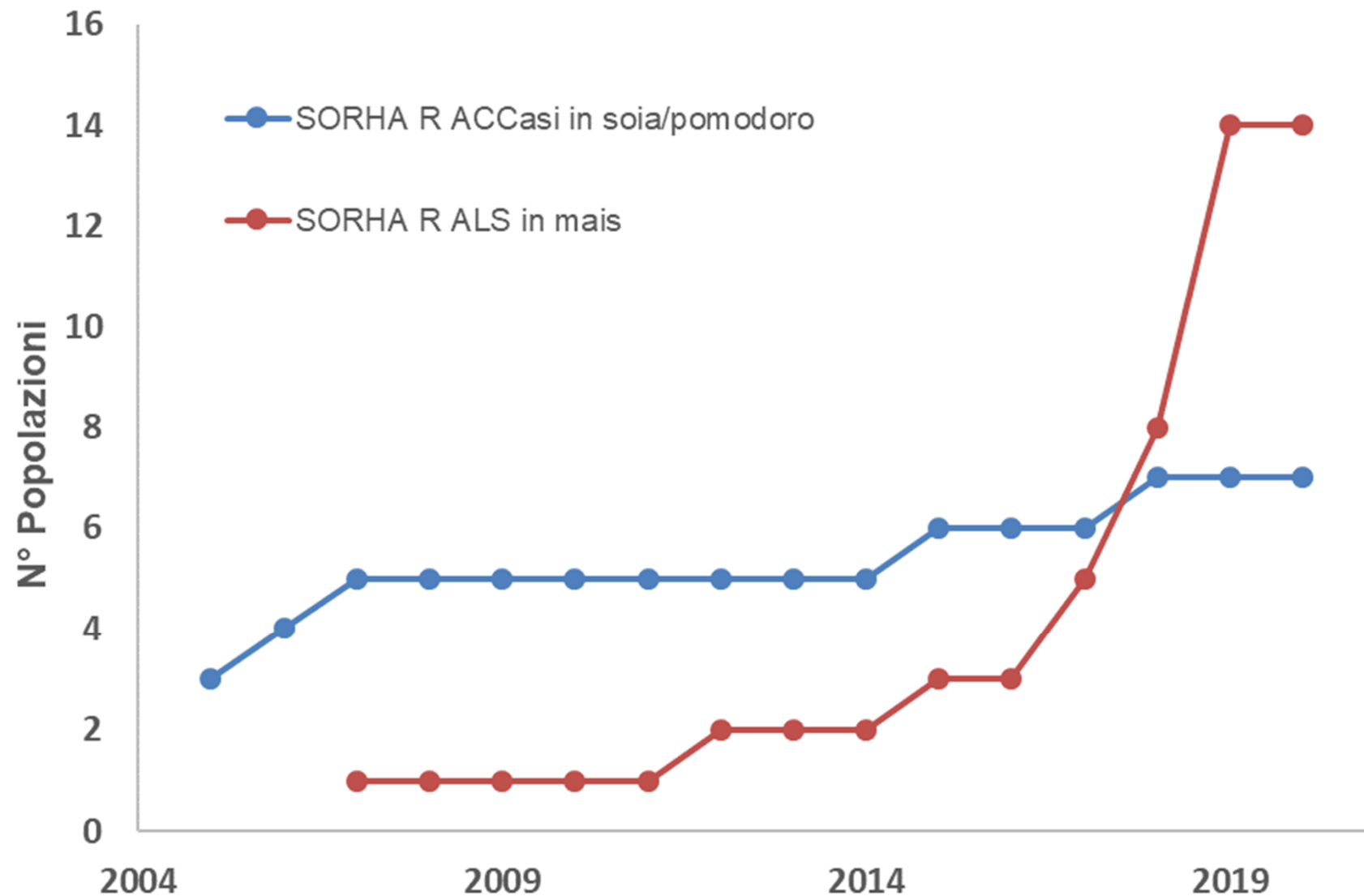


Echinochloa spp.

N° cumulado popolazioni R in Italia

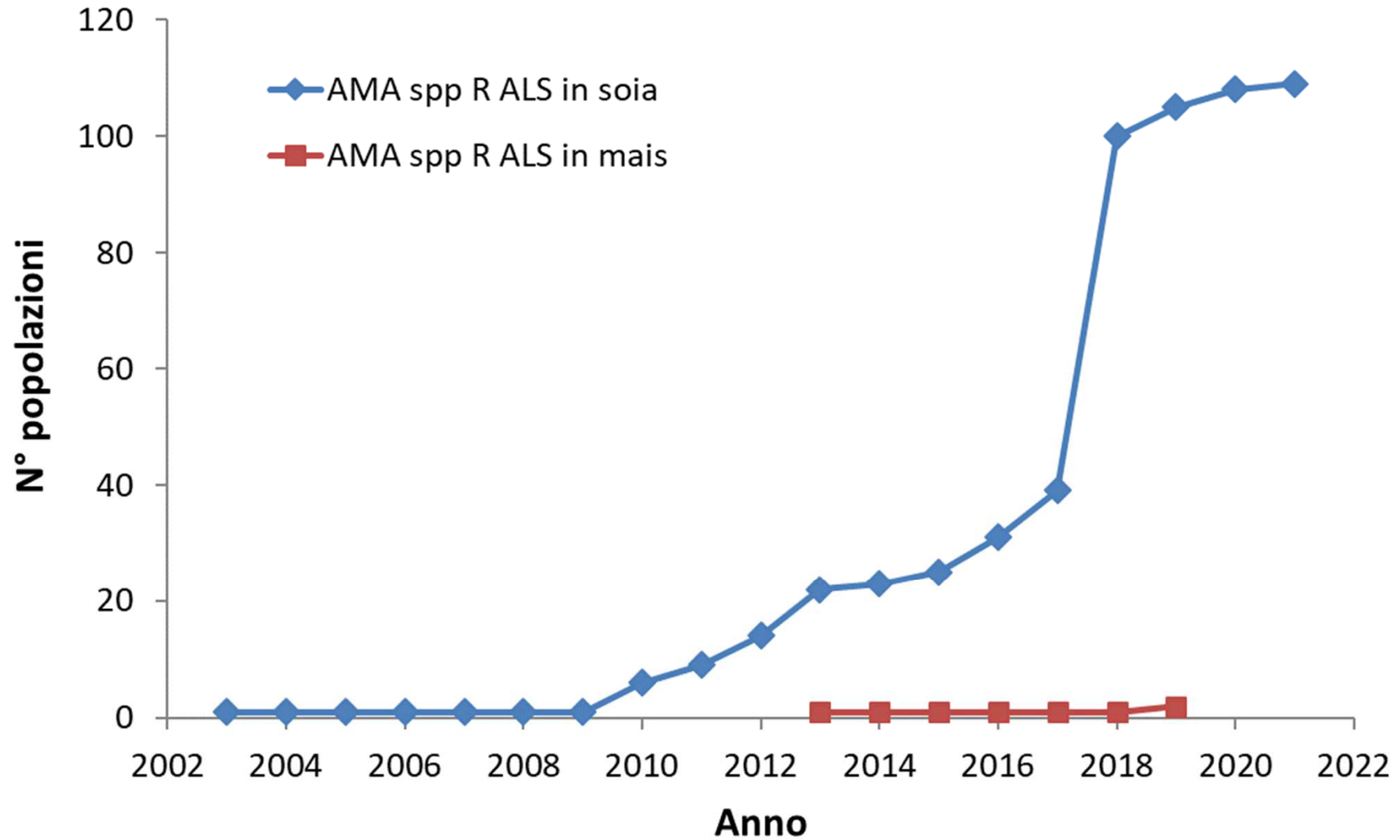


Numero cumulato di popolazioni resistenti di *Sorghum halepense* in Italia



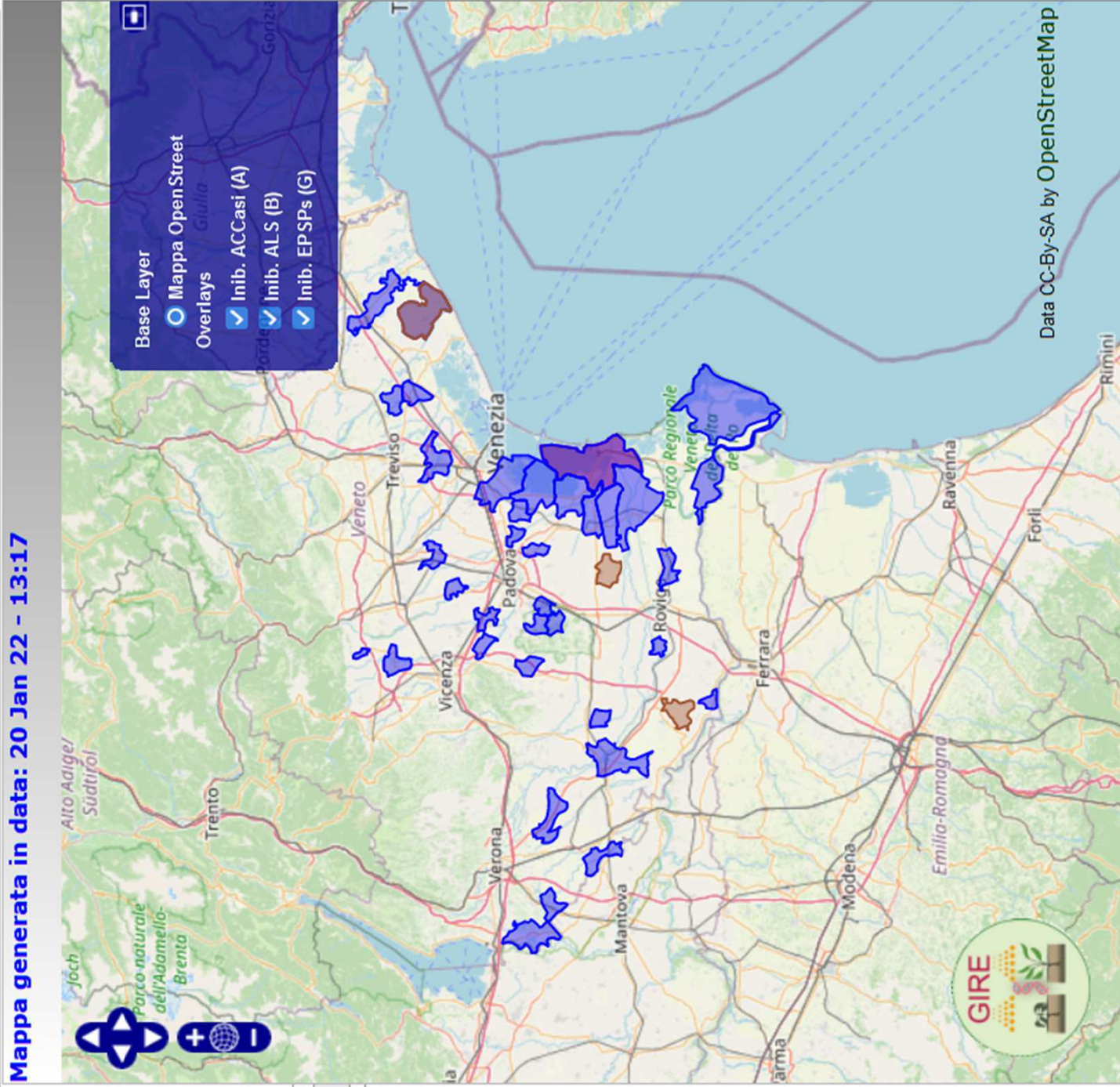
Amaranthus spp.

N° cumulado popolazioni R ad inibitori ALS in Italia





Mappa generata in data: 20 Jan 22 - 13:17



Inib. ACCasi (A)
Specie infestanti
Digitaria sanguinalis
Sistema colturale
 dicotiledoni estive: soia

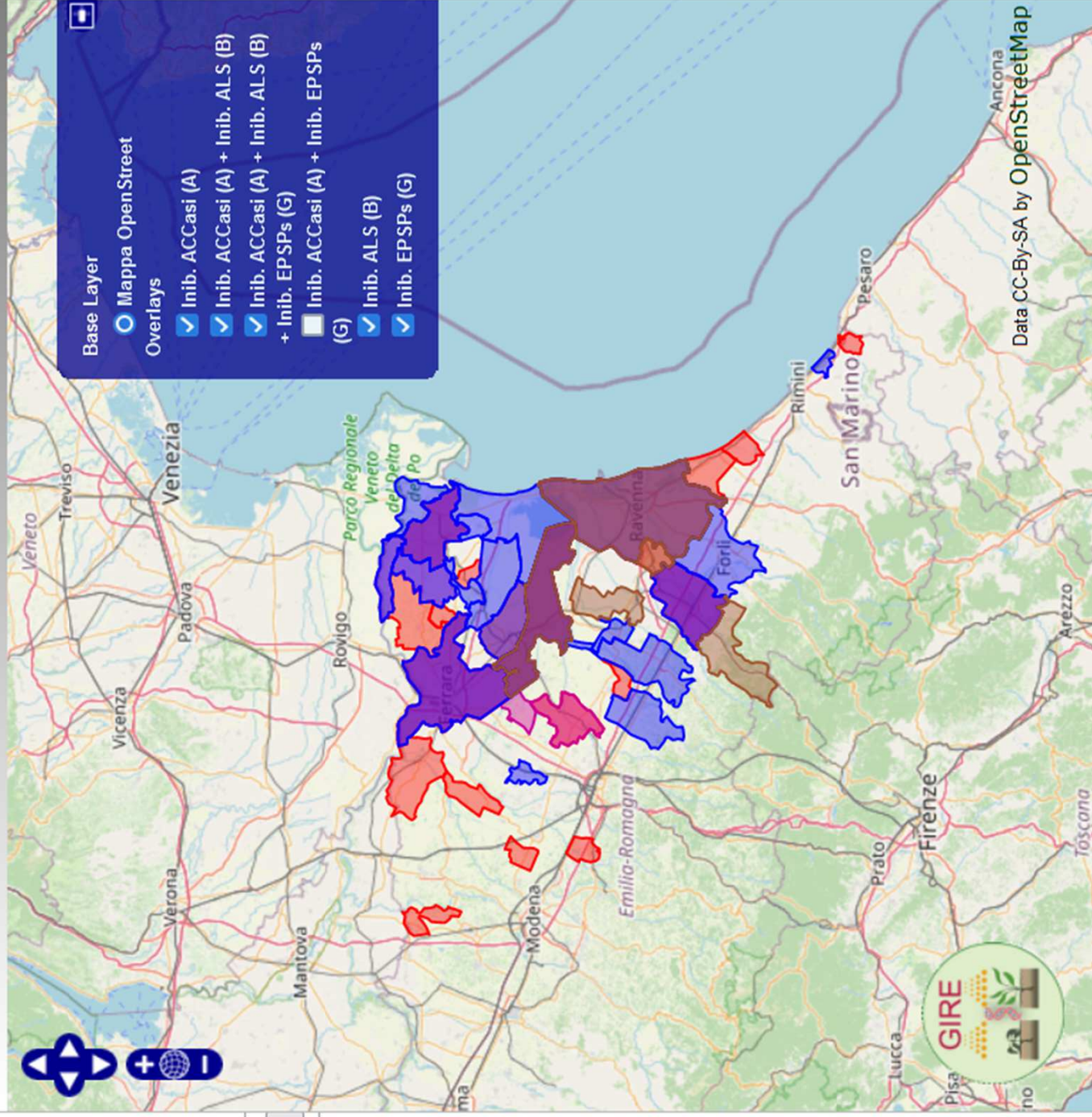
Inib. ALS (B)
Specie infestanti
Amaranthus hybridus, *Amaranthus r*
spp., *Amaranthus tuberculatus*, *Cybe*
Echinochloa crus-galli, *Echinochloa s*
Sistema colturale
 dicotiledoni estive: soia, frumento, fru
 frumento: frumento tenero, mais, riso

Inib. EPSPs (G)
Specie infestanti
Coryza spp., *Lolium spp.*
Sistema colturale
 agric. conservativa: non lavorazione,
 incolto





Mappa generata in data: 20 Jan 22 - 11:14



Inib. ACCasi (A)
Specie infestanti
Alopecurus myosuroides, *Avena spp*
Lolium spp.
Sistema colturale
 foraggiere: medica, frumento: frumen
 frumento tenero, riso

Inib. ACCasi (A) + Inib. A
Specie infestanti
Avena spp., *Digitaria sanguinalis*, *E*
Sistema colturale
 dicotiledoni estive: soia, frumento: fr
 frumento tenero, riso

Inib. ACCasi (A) + Inib. A
EPSPs (G)
Specie infestanti
Lolium spp.
Sistema colturale
 frumento: frumento tenero

Inib. ACCasi (A) + Inib. E
Specie infestanti
Lolium spp.
Sistema colturale
 frumento: frumento tenero

Inib. ALS (B)
Specie infestanti
Amaranthus retroflexus, *Amaranthus*
tuberculatus, *Avena spp.*, *Echinochl*
spp., *Lolium spp.*, *Papaver rhoeas*
Sistema colturale
 dicotiledoni estive: soia, frumento, fr
 frumento: frumento tenero, mais, risc

Inib. EPSPs (G)
Specie infestanti
Conyza spp.
Sistema colturale
 arboree: arboree: vite

Base Layer

Mappa OpenStreet

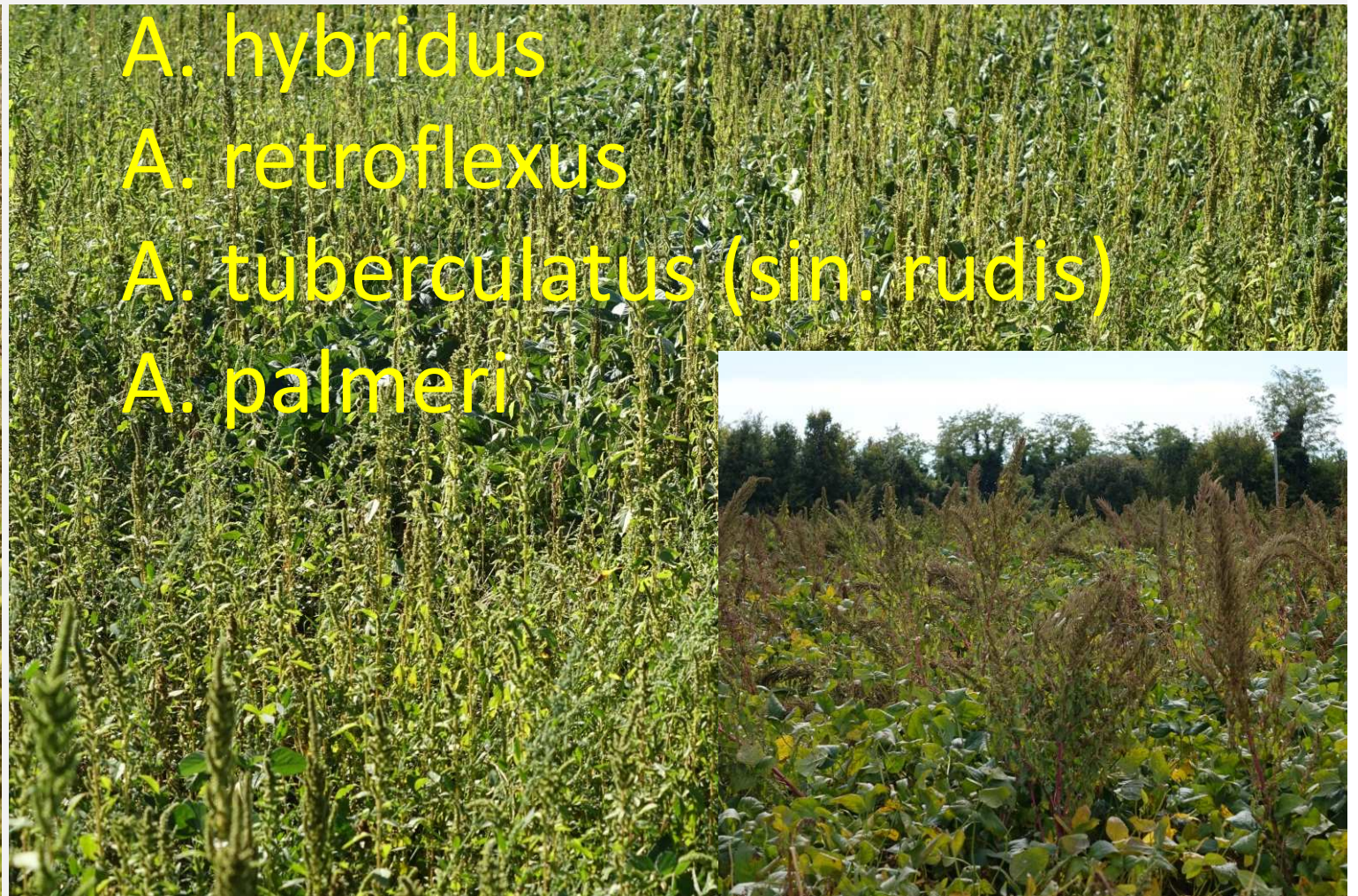
Overlays

- Inib. ACCasi (A)
- Inib. ACCasi (A) + Inib. ALS (B)
- Inib. ACCasi (A) + Inib. ALS (B) + Inib. EPSPs (G)
- Inib. ACCasi (A) + Inib. EPSPs (G)
- Inib. ALS (B)
- Inib. EPSPs (G)





Quattro specie



A. hybridus

A. retroflexus

A. tuberculatus (sin. rudis)

A. palmeri

Diapositiva 31

MS1

Maurizio Sattin; 19/01/2022

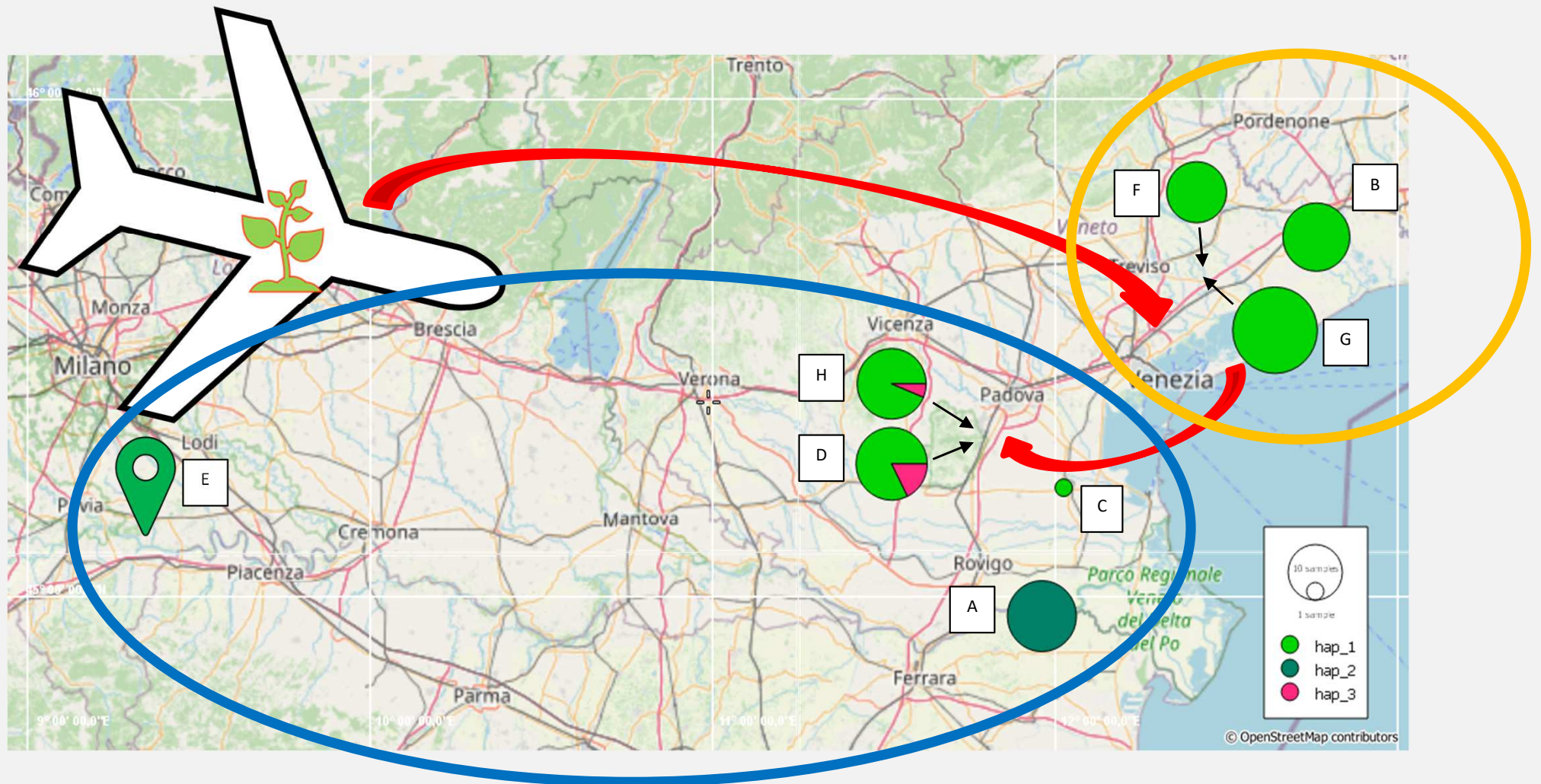
Meccanismi di resistenza e controllo di tre specie di amaranto resistenti agli inibitori di ALS

<i>Amaranthus</i> species	accession code	mutated/ sampled plants	ALS point mutation	resistance pattern	
				IMA	THI
<i>A. retroflexus</i>	1	8/8	Asp 376 Glu	S	R
	2	8/8			
	3	5/6			
<i>A. tuberculatus</i>	4	9/9	Trp 574 Leu	R	R
	5	9/9			
	6	14/15			
	7	10/10			
	8	8/9			
	9	5/5			
	10	4/5			
<i>A. hybridus</i>	12	15/15	Trp 574 Leu	R	R
	13	1/7			
		6/7	Trp 574 Met		



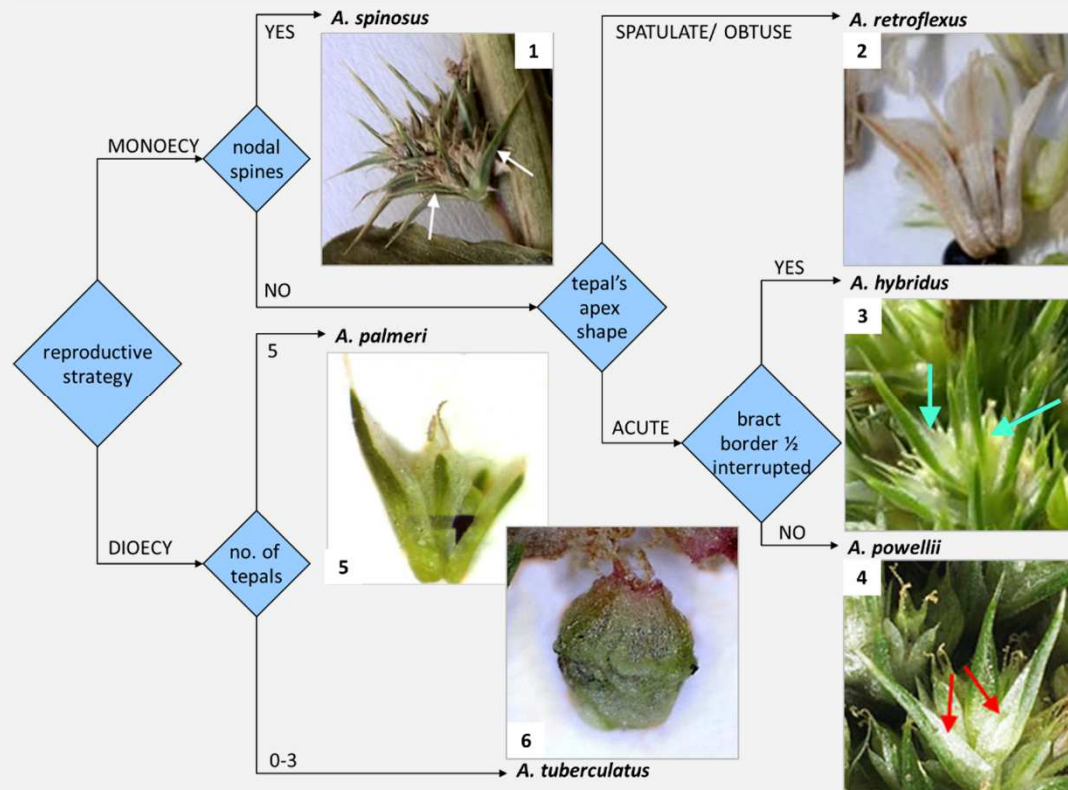
A. tuberculatus (sin. rudis)

Genetica di popolazione ed evoluzione della resistenza agli inibitori di ALS in *Amaranthus tuberculatus*



La pop A (Berra) ha un aplotipo assente nelle altre popolazioni e deriva quindi da un evento indipendente. La popolazione C è resistente solo a thifensulfuron e non ha mutazioni su ALS e si è perciò evoluta indipendentemente da tutte le altre pop. L'aplotipo 1 invece è molto frequente nelle popolazioni F, G, B. Sapendo che le popolazioni F, G e B hanno progenitori diversi, è molto probabile che siano state per prime già resistenti e che l'allele mutato si sia diffuso sul territorio.

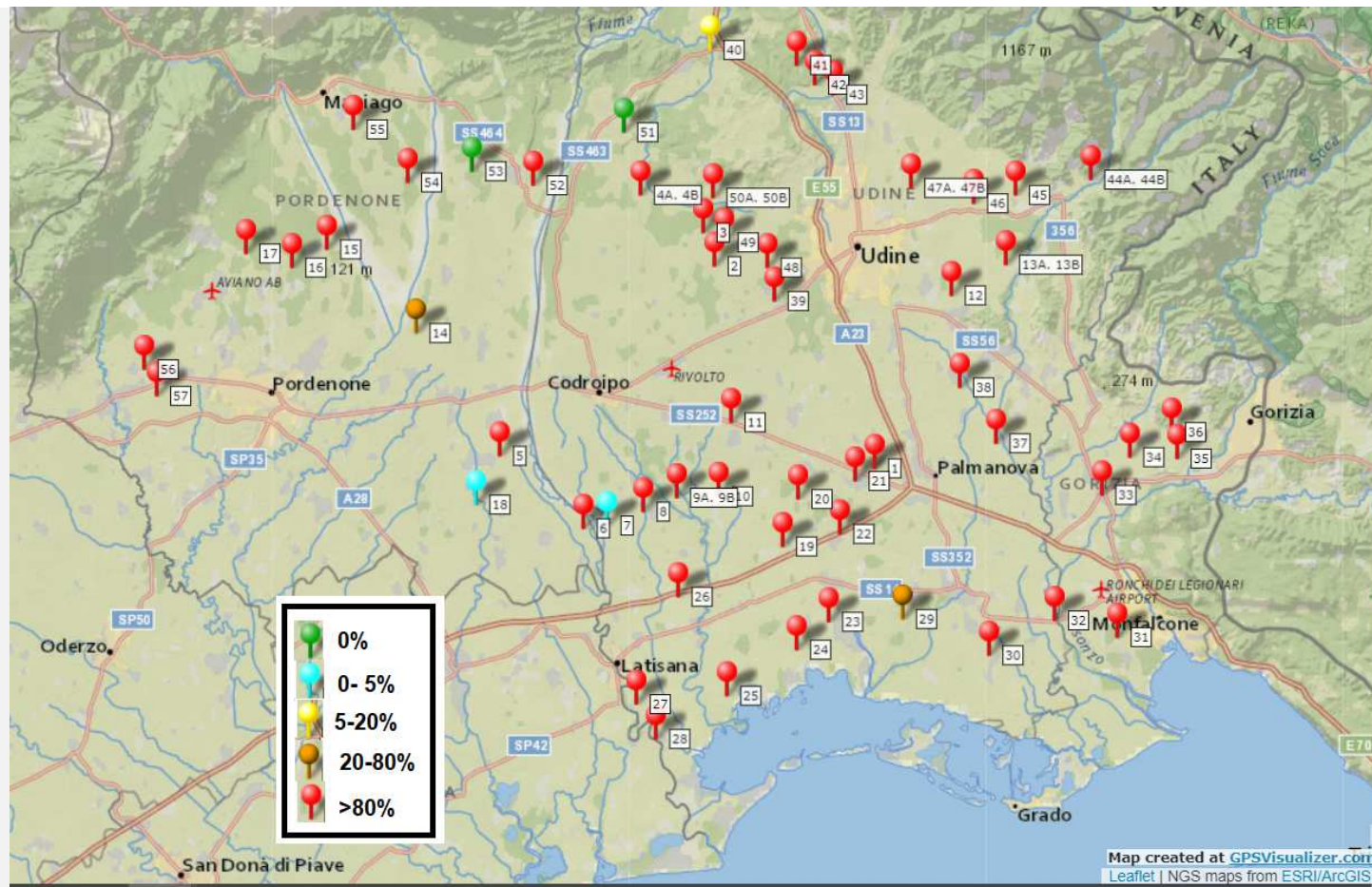
Monitoraggio e determinazione delle specie di amaranto resistente agli erbicidi ALS in Friuli-VG



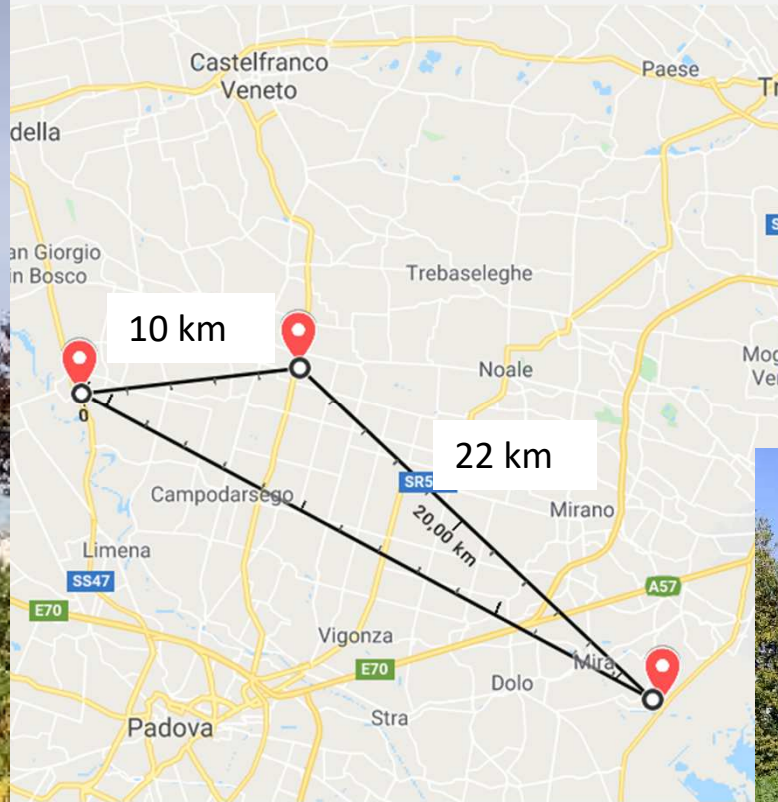
A. hybridus

Milani A, Scarabel L, and Sattin M, A family affair: resistance mechanism and alternative control of three *Amaranthus* species resistant to acetolactate synthase inhibitors in Italy, *Pest Manag Sci* 76:1205–1213 (2020).

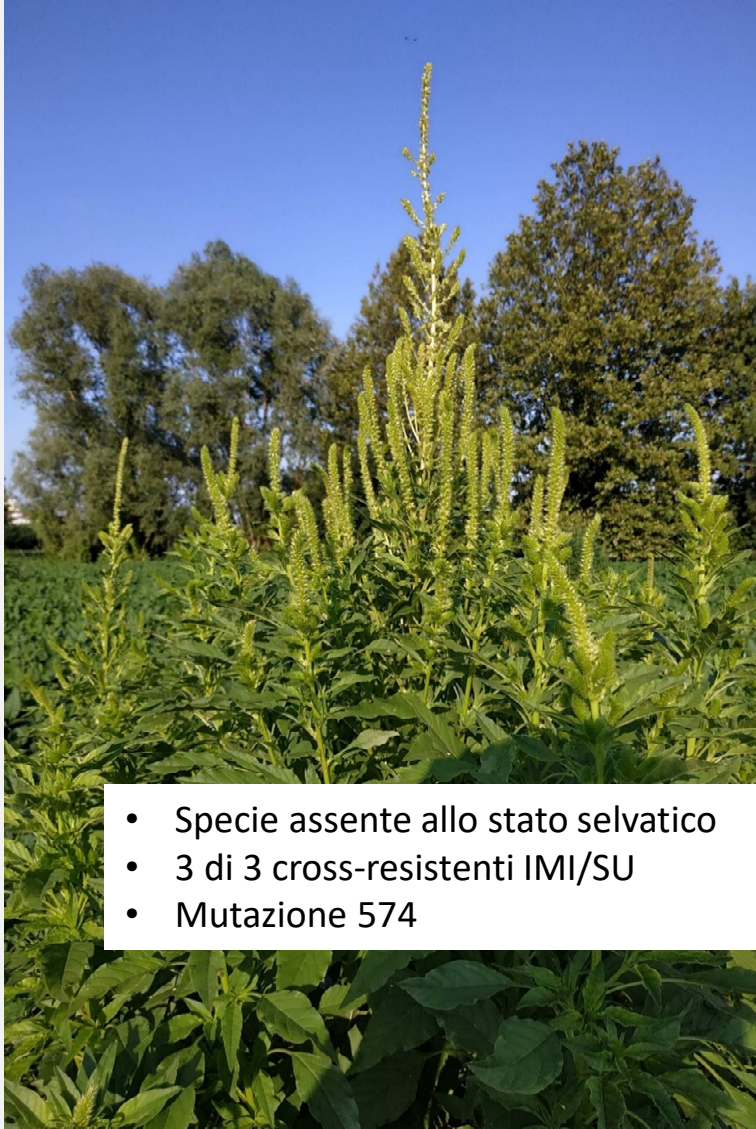
Monitoraggio e determinazione delle specie di amaranto resistente agli erbicidi ALS in Friuli-VG



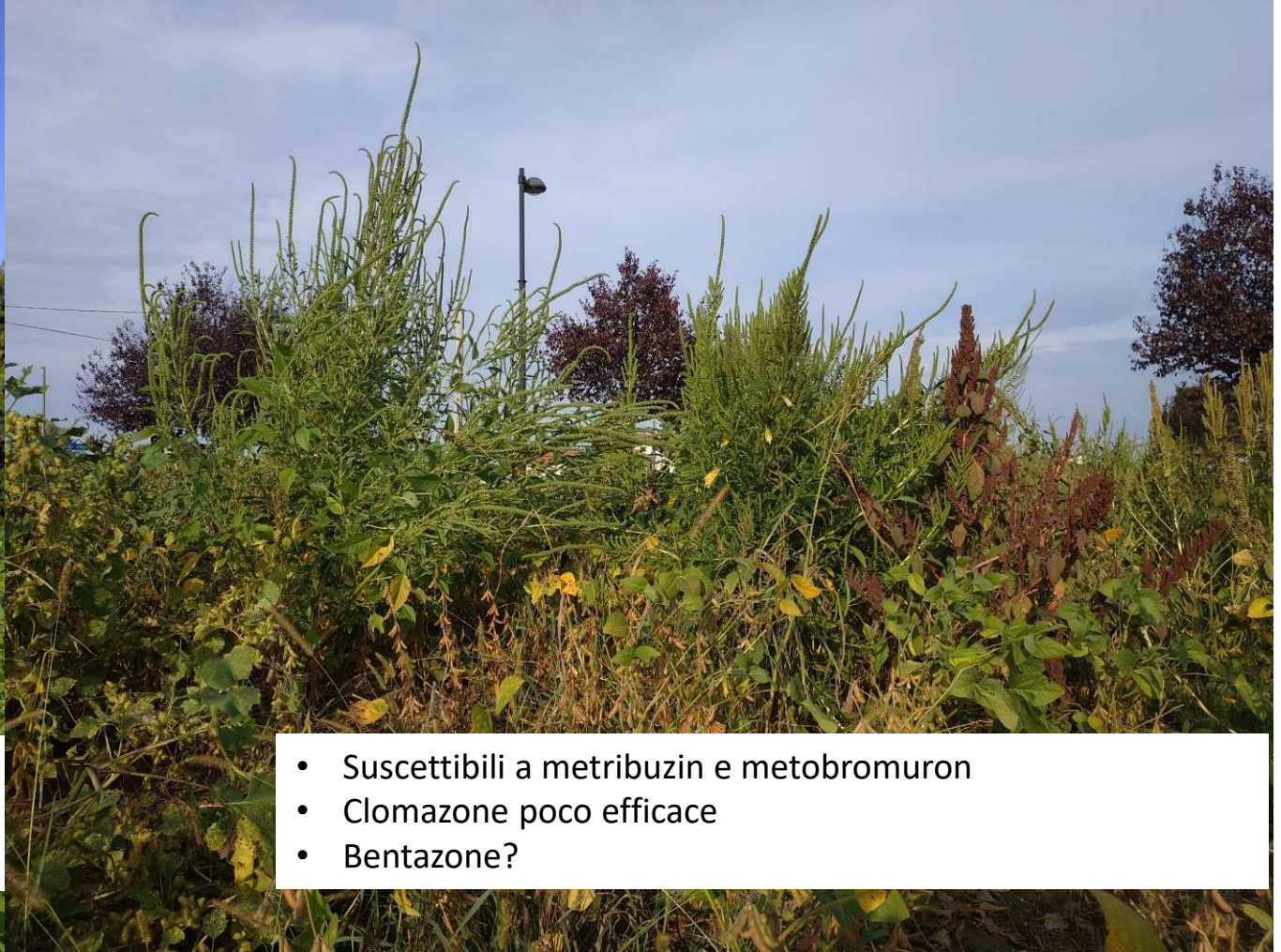
Amaranthus palmeri resistente agli inibitori di ALS



Amaranthus palmeri resistente agli inibitori di ALS



- Specie assente allo stato selvatico
- 3 di 3 cross-resistenti IMI/SU
- Mutazione 574



- Suscettibili a metribuzin e metobromuron
- Clomazone poco efficace
- Bentazone?

Ricapitoliamo:

- Specie dioiche: *A. tuberculatus* e *A. palmeri*, non presenti allo stato «selvatico»
- Mutazioni 376 e 574 in specie diverse
- Nessuna differenza di suscettibilità agli ALS fra specie
- Controllati da erbicidi con diverso meccanismo d'azione
- Alcune popolazioni di *A. tuberculatus* (e probabilmente *A. palmeri*) hanno evoluto resistenza **prima** di arrivare in Italia
- Usare ESCLUSIVAMENTE semente certificata
- Attenzione alla pulizia dei macchinari
- *A. tuberculatus* e *A. palmeri* sono più vigorosi
- *A. tuberculatus* è più tardivo, ATTENZIONE alla finestra di intervento ridotta
- Monitoraggio ed interventi tempestivi, a qualsiasi costo. Specialmente con *A. tuberculatus* e *A. palmeri*

Fattori che incrementano rischio intrinseco

- elevata persistenza dell'attività dell'erbicida
- un singolo modo d'azione e/o sito d'azione
- presenza di resistenza monogenica
- elevata facilità di metabolizzazione dell'erbicida
- alta fecondità, efficace dispersione della progenie
- alta variabilità genetica intrinseca
- meccanismi in grado di metabolizzare i p.a.
- esistenza di resistenza incrociata
- alta fitness del biotipo resistente
- ciclo di vita breve/molte generazioni

Fattori che incrementano rischio agronomico

- ampia diffusione di colture con rotazione breve
- presenza di monocoltura o monosuccessione
- “monodiserbo”, dosaggi non adeguati
- minime lavorazioni
- necessità di un alto numero di applicazioni o lunga esposizione
- uso di colture poco competitive
- isolamento geografico di popolazioni resistenti
- mancanza di alternanza dei metodi di controllo

Concludendo

- La resistenza si sta espandendo e coinvolge molte specie infestanti (specialmente le poaceae), i più importanti sistemi colturali e quelli più standardizzati
- La resistenza va affrontata a livello di sistema colturale ed inserita nel contesto IPM, cioè multidisciplinare
- Controllo integrato e gestione della resistenza: esistono principi generali, ma le soluzioni sono locali
- I vincoli posti da una legislazione complessa e sistemi colturali più complessi implicano a tutti i livelli un aumento di professionalità

Considerazioni conclusive

- Il controllo integrato è un obbligo. Il punto fondamentale è diversificare gli interventi in campo (mezzi chimici e non)
- La resistenza è un costo; le misure curative con resistenza in atto comportano un costo medio superiore di 3-5 volte rispetto a quelle preventive
- Situazioni critiche in riso e grano dove ci sono resistenze multiple agli inibitori dell'ALS e dell'ACCasi, nonché in soia a causa di amaranti resistenti inibitori dell'ALS

Membri GIRE

CNR – IPSP

D.A.F.N.A.E., Univ. di Padova

Centro ricerche sul riso - ENR

BASF

Bayer

Belchim

Cheminova

Corteva

Nufarm

ADAMA

SIPCAM

Gowan

Syngenta

Terremerse

Gruppo

erbicidi





[Home](#) [Mission](#) [Un po' di storia](#) [I membri](#) [Contatta il GIRE®](#) [Come citare questo](#)

[sito](#)

News dal GIRE

Il fenomeno della resistenza in Italia

- [Descrizione e definizioni](#)
- [Classificazione erbicidi](#)
- [Specie coinvolte](#)
- [Mappe di resistenza](#)
- [Resistance maps](#) 

Attività del GIRE

- [Linee guida generali per gestire la resistenza](#)
- [Linee guida specifiche](#)
- [Monitoraggio e divulgazione](#)

Bibliografia

- [GIRE](#)
- [Altre fonti](#)
- [Iniziative GIRE](#)

Link

- [Siti di interesse](#)

Area riservata

Il GIRE® è finanziato dai [membri](#) stessi (autofinanziamento).

325895 visite totali

Nuove linee guida specifiche per colture di riso tolleranti ad imazamox (Clearfield®) e Cycloxydim (Provisia®). 22/05/2021

[Link al documento](#)
[Nuove linee guida specifiche](#)

Nuovo aggiornamento della classificazione degli erbicidi da parte di HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), prendiamo familiarità con le nuove indicazioni ad oggi disponibili. 18/04/2021

[Link al nuovo documento](#)
[Newsletter](#)

Sono state aggiornate le linee guida specifiche dei cereali, riso, colture sarchiate e colture perenni 05/04/2021

[Link alle nuove linee guida](#)
[Linee guida riso](#)
[Linee guida colture sarchiate](#)
[Linee guida cereali](#)
[Linee guida colture perenni](#)



Prima segnalazione in Italia di una nuova specie, Eleusine indica, resistente a glifosate. 25/01/2021

Dopo la segnalazione nell'autunno 2019 della sopravvivenza di questa infestante a trattamenti con glifosate in un vivaio in Campania, la resistenza è stata confermata mediante esperimenti in serra e analisi genetiche. I risultati completi sono contenuti nel seguente articolo scientifico (Open Access, disponibile nel sito della rivista):

Loddo D., Imperatore G., Milani A., Panozzo S., Farinati S., Sattin M., Zanin G. First report of glyphosate-resistant biotype of *Eleusine indica* (L.) Gaertn. in Europe. *Agronomy*. 2020; 10(11) [Apri articolo](#)

[Scheda descrittiva per *Eleusine indica*](#)



www.resistenzaerbicidi.it





 Consiglio Nazionale delle Ricerche



Grazie per l'attenzione!