



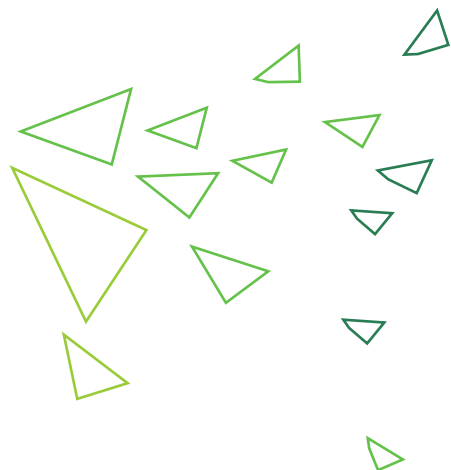
# Nuovi approcci più sostenibili per la protezione delle piante

Rita Milvia De Miccolis Angelini  
*vice presidente ARPTRA*



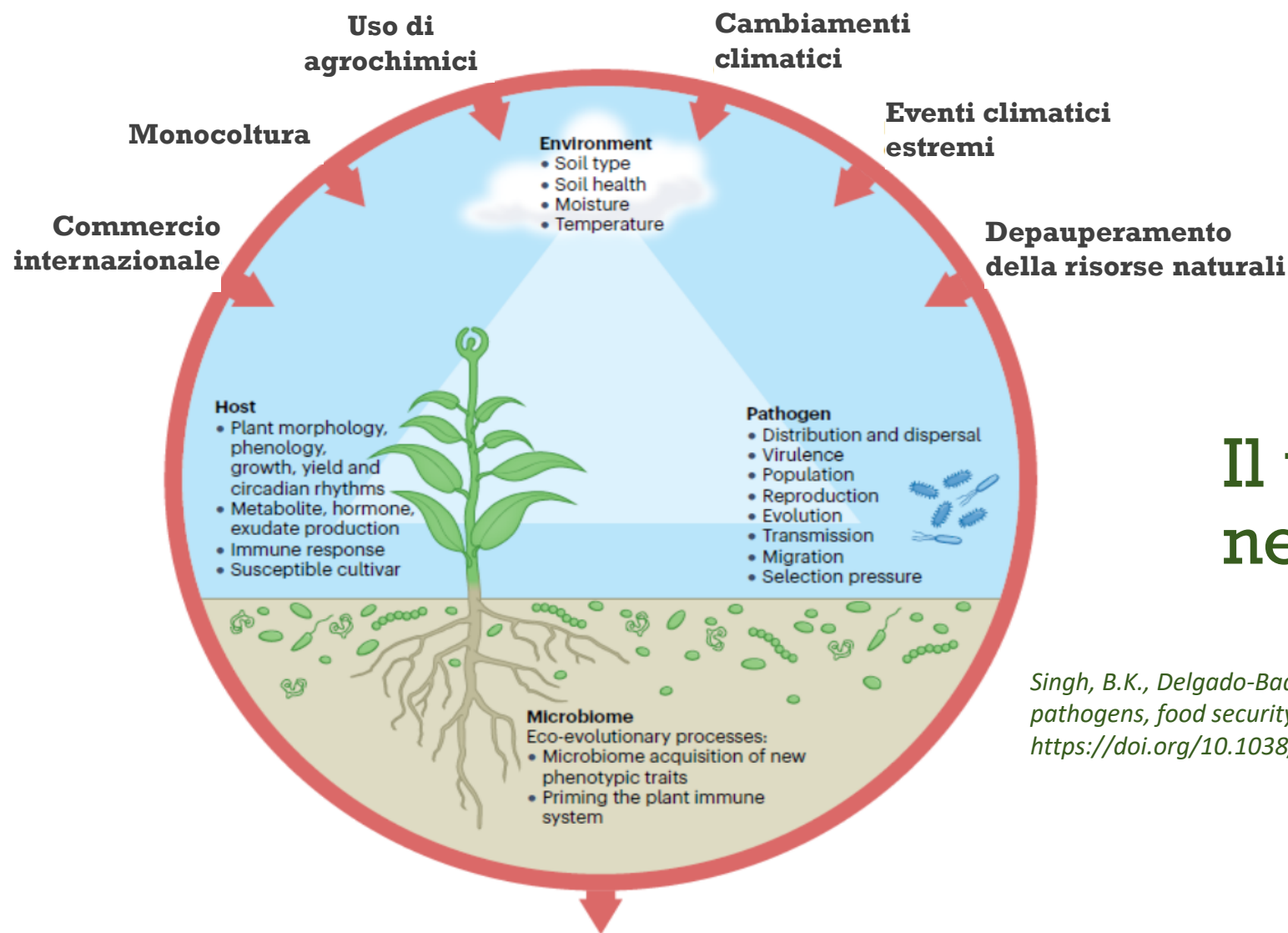
Associazione Regionale Pugliese  
dei Tecnici e Ricercatori  
in Agricoltura

# ONU - Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile



- ✓ Produrre cibo sano e per tutti
- ✓ Non impoverire la fertilità della terra (migliorarla)
- ✓ Non ridurre ulteriormente la biodiversità (migliorarla)
- ✓ Produrre materie prime ed energie rinnovabili





## Il triangolo di malattia nell'attualità

Singh, B.K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E. et al. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nat Rev Microbiol* **21**, 640–656 (2023).  
<https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>

### Risultato

- Intensità di malattia
- Ricerca di nuove soluzioni per la gestione

# Le sfide



## **Aumento della popolazione mondiale**

Stima ONU ~10 miliardi nel 2050



## **Fabbisogno di prodotti agricoli**

80% della dieta umana



## **Riduzione della produttività**

Cambiamenti climatici, perdita di fertilità dei suoli, riduzione della biodiversità e minore resilienza dei fattori ecologici



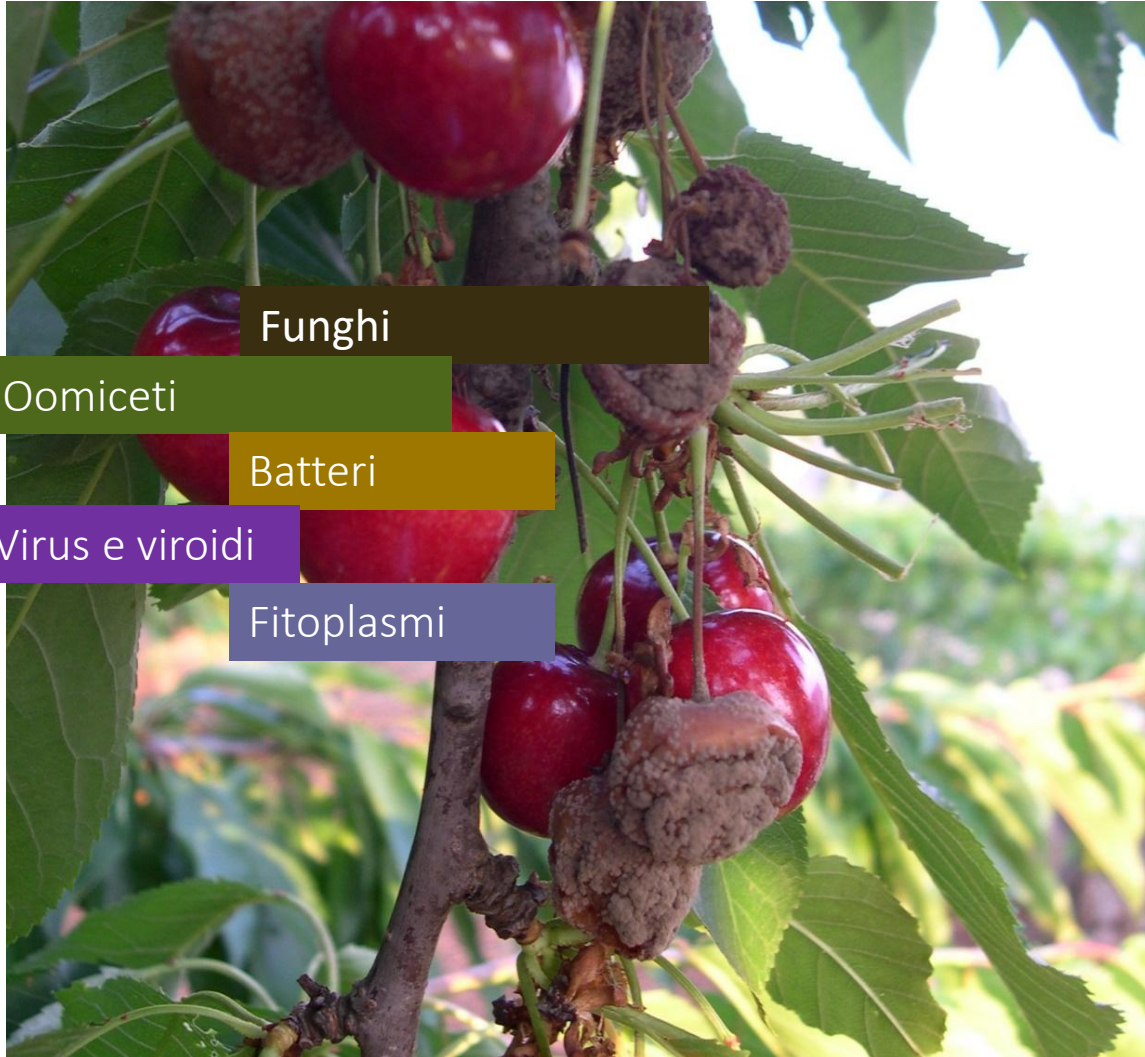
## **Diverse e sempre nuove malattie affliggono le colture**



## **Sprechi alimentari**

1,6 miliardi di tonnellate di alimenti persi

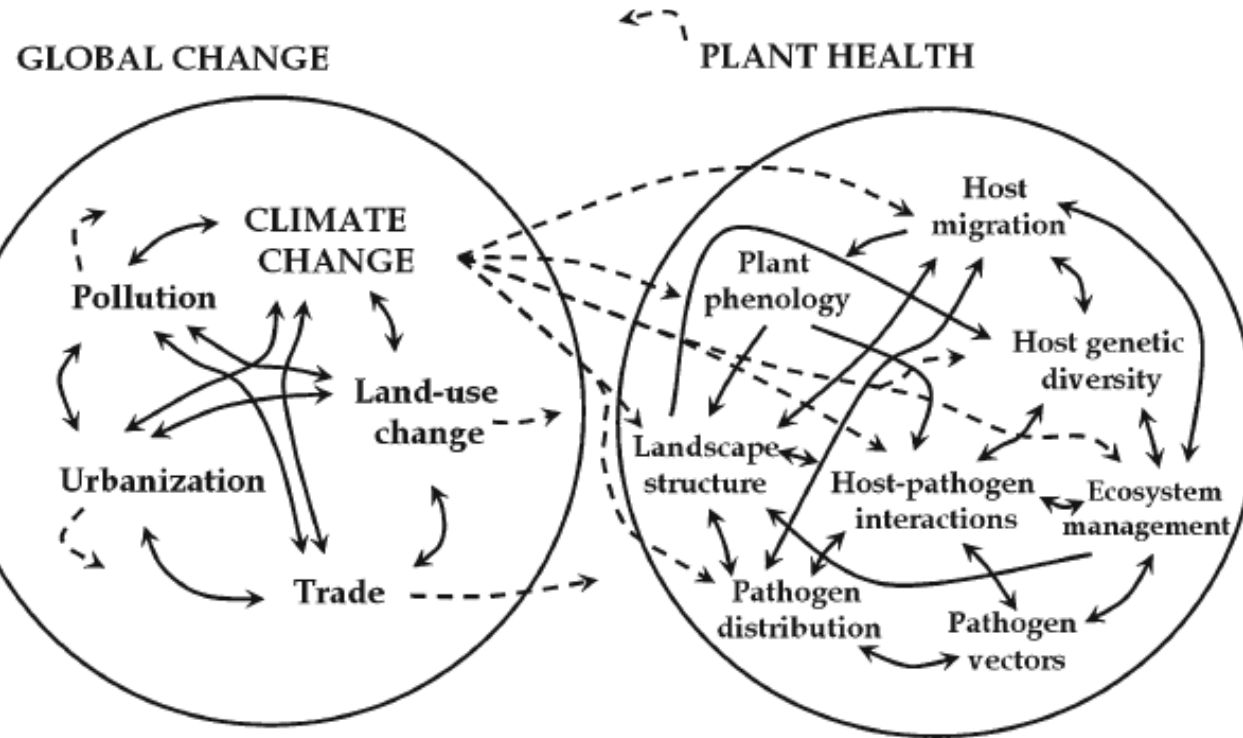
# Impatto dei patogeni delle piante



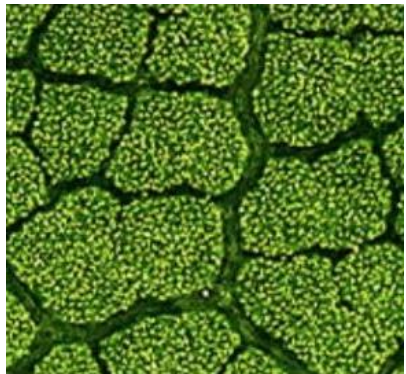
- sulla **produzione agricola**, causando fino al 25% di perdite per danni diretti in campo, fino al 40% di perdite in postraccolta
- sulla **salute di animali e uomo** per la contaminazione da micotossine sia per i costi diretti e indiretti sostenuti per la loro gestione
- sull'**ambiente**, riduzione del patrimonio vegetale
- sulla **salute del pianeta**



# Cambiamenti climatici e salute delle piante



# Attuali sfide della protezione delle piante



- Raggiungere la sicurezza alimentare (*food safety* e *food security*) in un'ottica di sviluppo sostenibile
- Adattamento dei patogeni che porta a resistenza a fungicidi e perdita di efficacia della resistenza delle piante
- Crescente attenzione pubblica agli effetti indesiderato dell'uso dei 'pesticidi' sulla salute umana e sull'ambiente
- Sviluppo di alternative a più basso rischio rispetto ai metodi convenzionali di controllo delle malattie

**STRATEGIA  
EUROPEA  
GREEN DEAL  
'FARM TO FORK'**



Transizione verso un sistema alimentare dell'UE più sano e sostenibile



Far fronte ai cambiamenti climatici



Proteggere l'ambiente e preservare la biodiversità



Garantire un giusto compenso economico nella catena alimentare



Potenziare l'agricoltura biologica



# Quadro normativo

- Direttiva 1991/414/CEE del Consiglio del 15 luglio 1991 (D. lgs. n° 194 del 17 marzo 1995)
- Reg. (CE) n° 1107/2009



concernente l'immissione sul  
mercato dei prodotti  
fitosanitari

- Direttiva 2009/128/CEE del Consiglio (D. lgs. n° 150 del 14 agosto 2012 )
- Piano d'Azione Nazionale (PAN): In Italia 22/01/2014 - Decreto Ministro delle politiche agricole, alimentari e forestali



istituisce un quadro per  
l'azione comunitaria per  
l'uso sostenibile dei pesticidi

# Regolamento sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (SUR)

Il Parlamento europeo l'ha respinto il 22 novembre 2023 in prima lettura con 299 voti a favore della bocciatura, 207 contrari e 121 astensioni

- Riduzione del 50% dell'uso dei prodotti fitosanitari, proposta all'Italia una riduzione del 62%
- Divieto di applicazione dei prodotti fitosanitari nelle aree sensibili a cominciare da quelli Natura 2000 e ZVN
- Incremento al 25% della SAU destinate all'agricoltura biologica

# La protezione integrata (IPM)

...differenti patogeni da gestire



GTD Peronospora

Escoriosi

Oidio

Muffa grigia e marciumi del grappolo



# Le 5 azioni della protezione integrata

## Identificazione degli agenti causali

- Patogeni chiave
- Ciclo biologico
- Nemici naturali

- Numero di insetti per unità di superficie
- Rischio di malattia
- Rischio di danno economico

## Monitoraggio

- Rilievo dei sintomi
- Trappole a feromoni
- Trappole cromotropiche

- Selezione del sito
- Scelta varietale
- Momento di impianto
- Rotazioni culturali

## Prevenzione

## Controllo

- Chimico
- Biologico
- Biologico

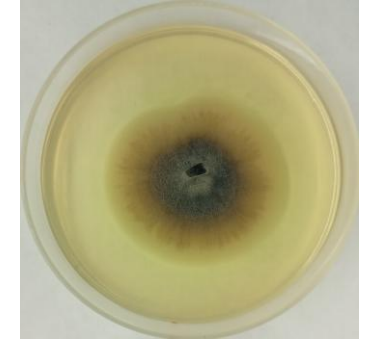
## Soglie di intervento



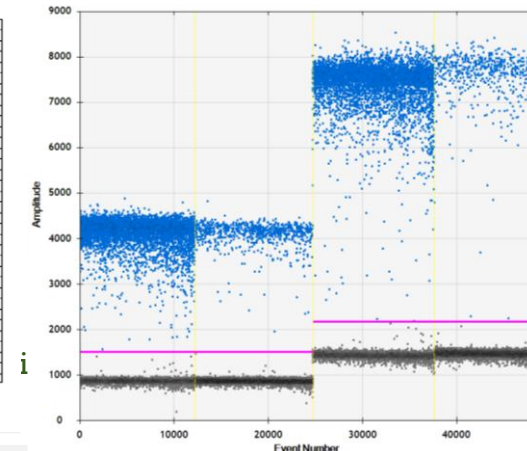
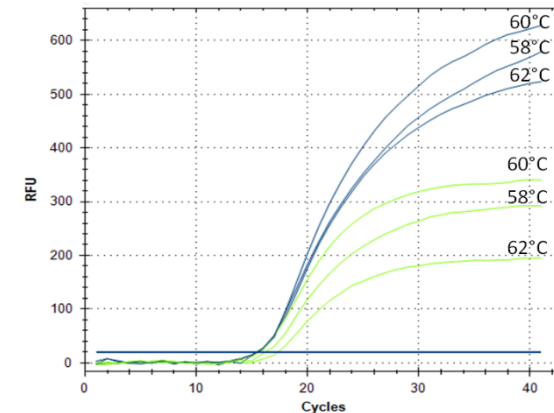


# Monitoraggio delle malattie ed identificazione degli agenti causali

- Tecniche di diagnosi classica
- Tecniche di diagnosi molecolare
- Approcci innovativi (remote sensing)



Sviluppo di diagnostici utilizzabili  
con diverse tecniche molecolari



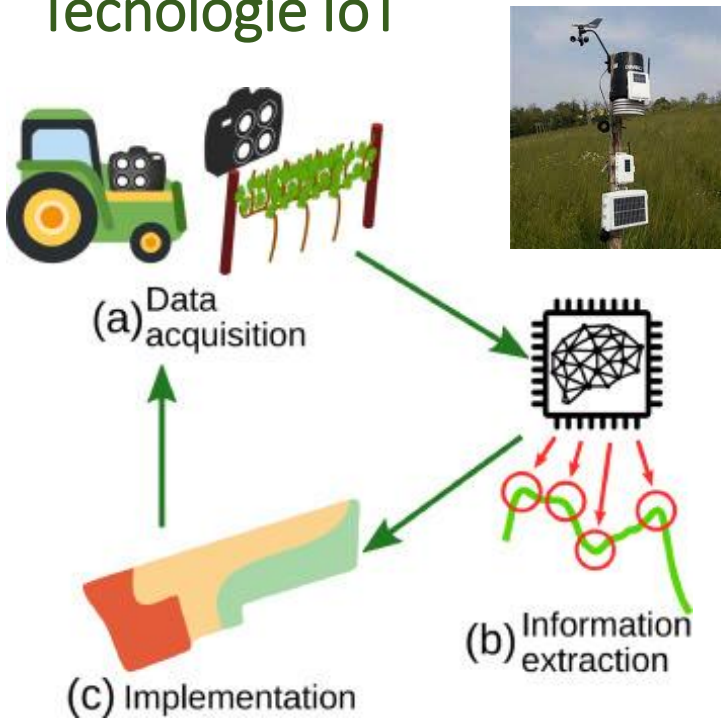


# Mezzi e Tecnologie della protezione integrata

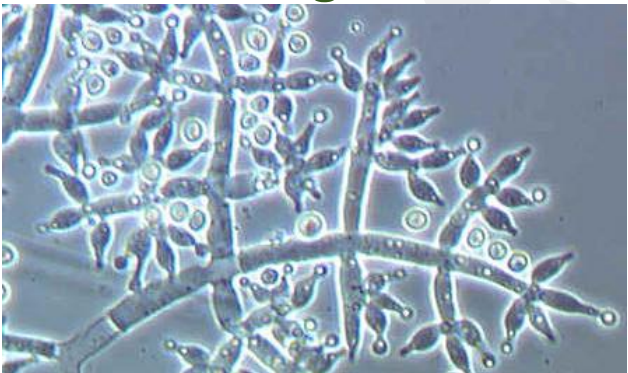
## Agronomici



## Tecnologie IoT



## Biologici



## Chimici



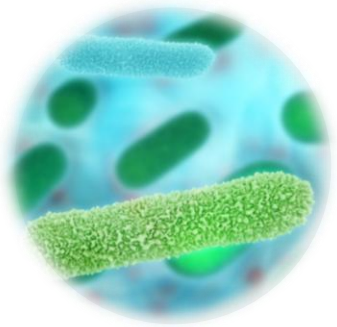
## Tecnologie genetiche



## Fisici



# Mezzi alternativi



**Microrganismi  
agenti di  
biocontrollo  
(BCA)**



**Corroboranti,  
biostimolanti e  
induttori della  
resistenza delle  
pianteD**



**Silenziamento  
genico post-  
trascrizionale  
mediato da dsRNA  
esogeno**





# Biorazionali

*Origine naturale, meccanismo di azione specifico, bassa tossicità, rapida degradazione, possibilità di utilizzo in agricoltura biologica*



## **Biopesticidi**

Microbici, estratti vegetali,  
di origine animale o  
biochimica



## **Biofertilizzanti**

A base di microrganismi o  
sostanze organiche



## **Biostimolanti**

Migliorano la crescita e la  
resistenza delle piante agli  
stress ambientali



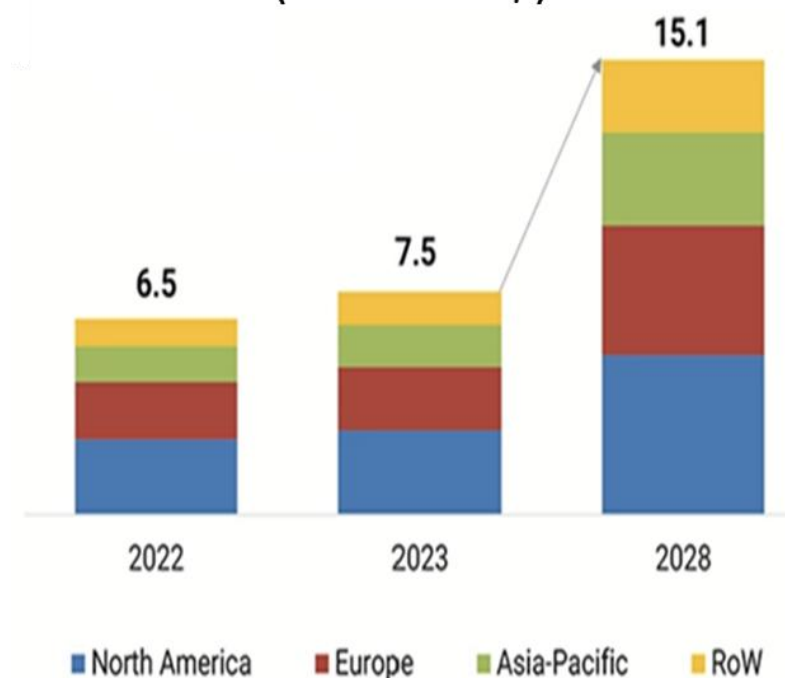
# Biorazionali impiegati per la protezione delle colture

Offrono un'alternativa più sostenibile ai tradizionali agrofarmaci di sintesi riducendo l'impatto ambientale e i rischi per la salute umana

Fattori chiave per il loro sviluppo:

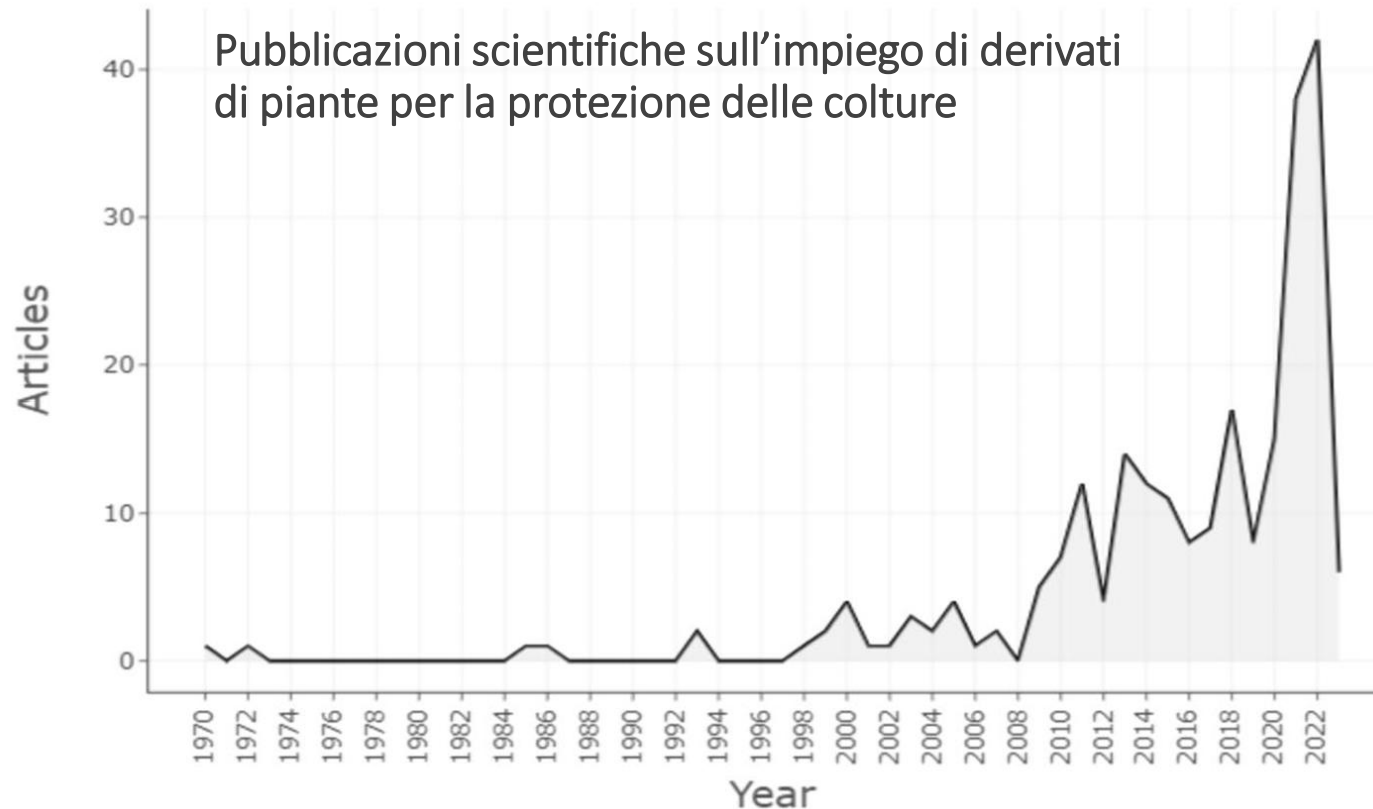
- ✓ Alti costi associati allo sviluppo di prodotti di sintesi per la protezione delle piante
- ✓ Attenzione dell'opinione pubblica e delle istituzioni all'impiego di pesticidi chimici di sintesi
- ✓ Incentivi alla gestione in regime di agricoltura biologica
- ✓ Livelli di efficacia generalmente inferiori e con risultati variabili
- ✓ Difficoltà tecniche (conservazione, applicazione, influenza dei fattori ambientali, compatibilità con altri mezzi) che possono richiedere maggiori attenzioni

Mercato globale dei Biorazionali  
(miliardi di \$)



# Derivati di piante

- Numerose specie di piante appartenenti a differenti famiglie tassonomiche, con un forte potenziale per l'impiego per la protezione.



*Eur J Plant Pathol* (2024) 170:711–766

# Estratti di origine naturale

## Aloe vera extracts



## Plants extracts



## Essential Oils

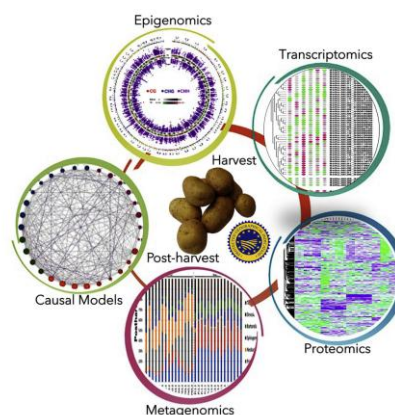
- Thyme → *Thymus vulgaris*
- Lavender → *Lavandula angustifolia*
- Rosemary → *Salvia rosmarinus*
- Laurel → *Laurus nobilis*
- Tea Tree → *Melaleuca alternifolia*
- Incense → *Plectranthus Coleidos*
- Sage → *Salvia officinalis*
- Helichrysum → *Helichrysum italicum*
- Lentisk → *Pistacia lentiscus*





# Tecnologie innovative

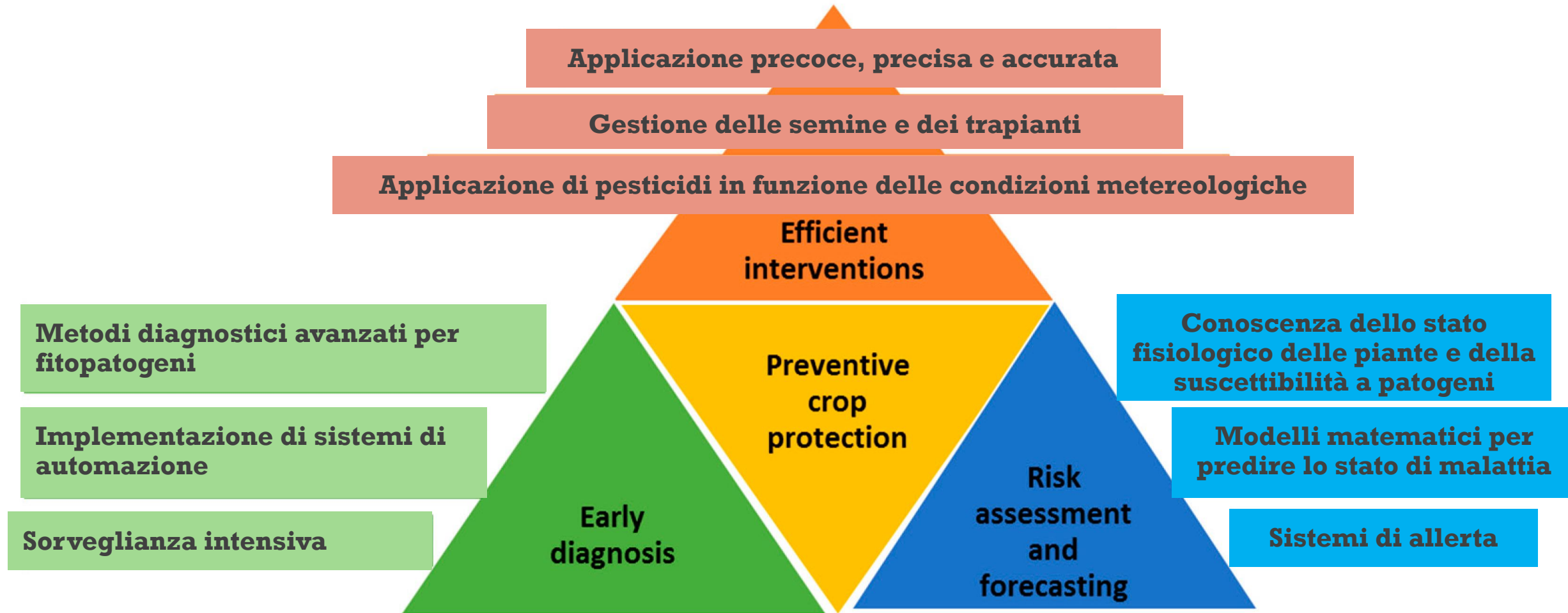
per un'applicazione più mirata ed efficace



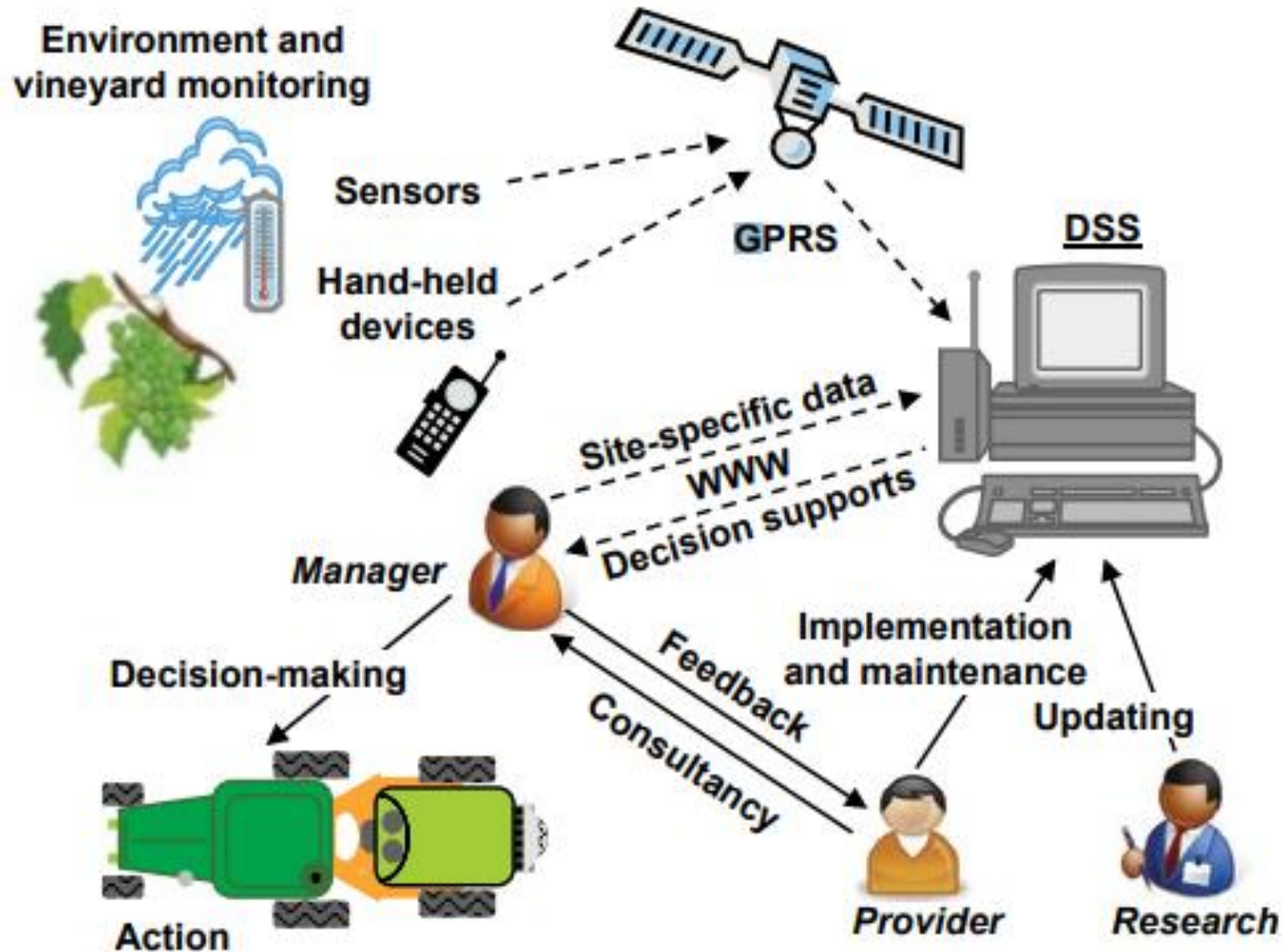
- Conoscenza approfondita dei meccanismi di azione e delle interazioni con la pianta e l'ambiente
- Ricerca e sviluppo di nuovi prodotti naturali efficaci e sostenibili
- Considerazione della biodiversità e degli equilibri naturali
- Trasferimento delle conoscenze acquisite per il miglioramento delle modalità di impiego



# Medicina predittiva



# Sistemi di supporto alle decisioni (DSS)



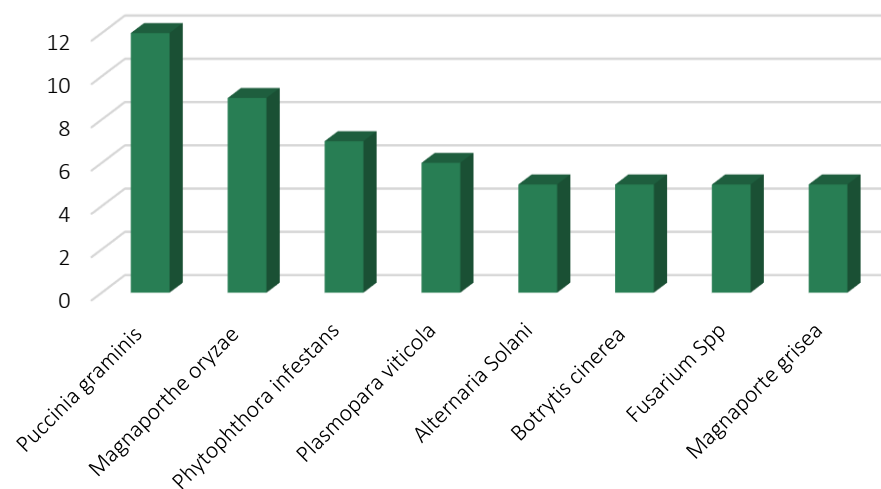
V. ROSSI, T. CAFFI, and F. SALINARI, "Helping farmers face the increasing complexity of decision-making for crop protection", *Phytopathol. Mediterr.*, vol. 51, no. 3, pp. 457–479, Nov. 2012.

# Modelli previsionali

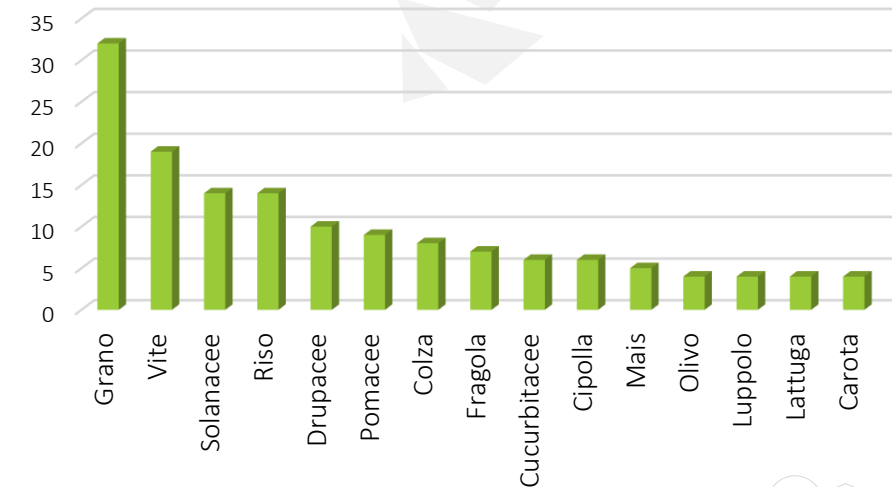
Empirici, stocastici, meccanicistici, deterministici

Rappresentazione semplificata delle relazioni tra patogeno, pianta ospite e ambiente, che predice l'andamento delle malattie nel tempo e/o nello spazio per supportare il decisore nel migliorare la pianificazione degli interventi.

N° modelli per patogeno



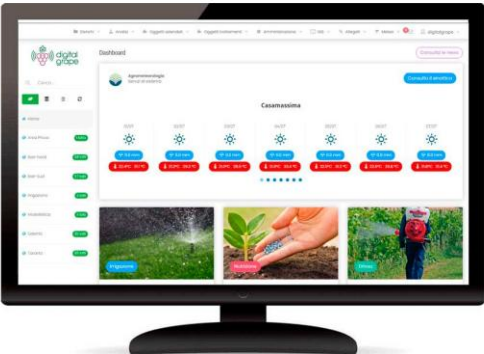
N° modelli per coltura



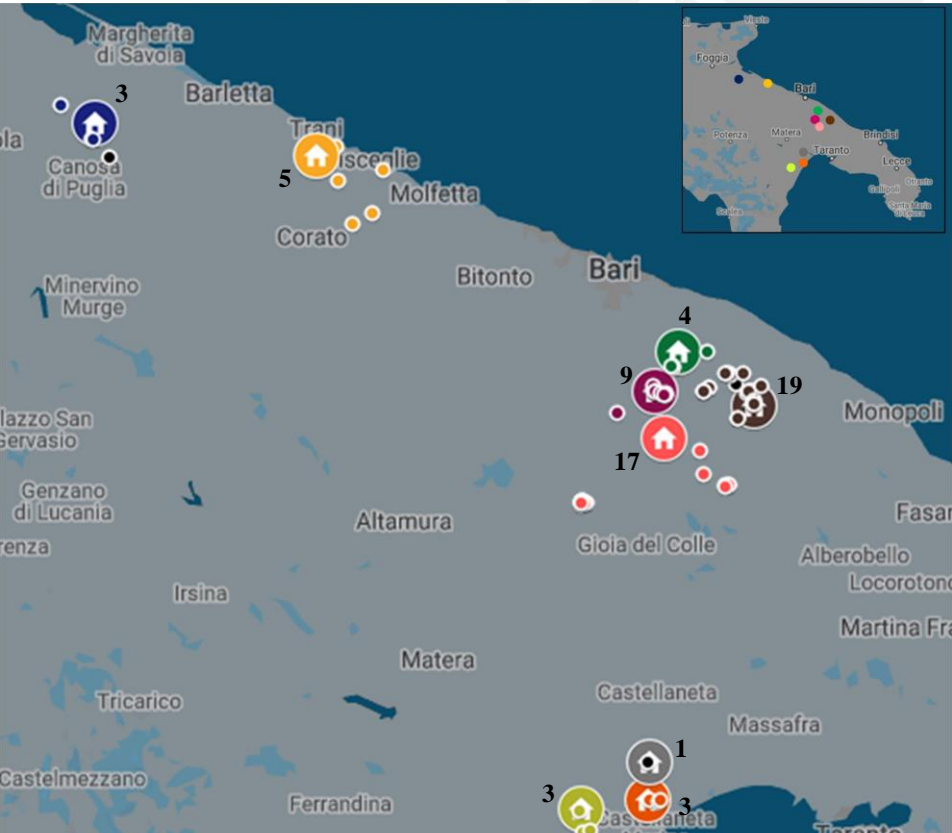
# Sistemi di allerta



Data	Vineyard n.																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
May-10																			
May-17																			
May-24																			
May-31																			
Jun-07																			
Jun-14																			
Jun-21																			
Jun-28			Yellow																
Jul-05															Yellow				
Jul-12																			
Jul-19					Yellow														
Jul-26			Green																
Aug-02			Red			Brown													
Aug-09			Red																
Aug-16			Red			Brown		Brown											
Aug-23			Red																
Aug-30			Red																
Sep-05	Purple		Red														Red	Purple	
Sep-13			Red		Red					Yellow	Yellow	Yellow							
Sep-21																			
Sep-28																			

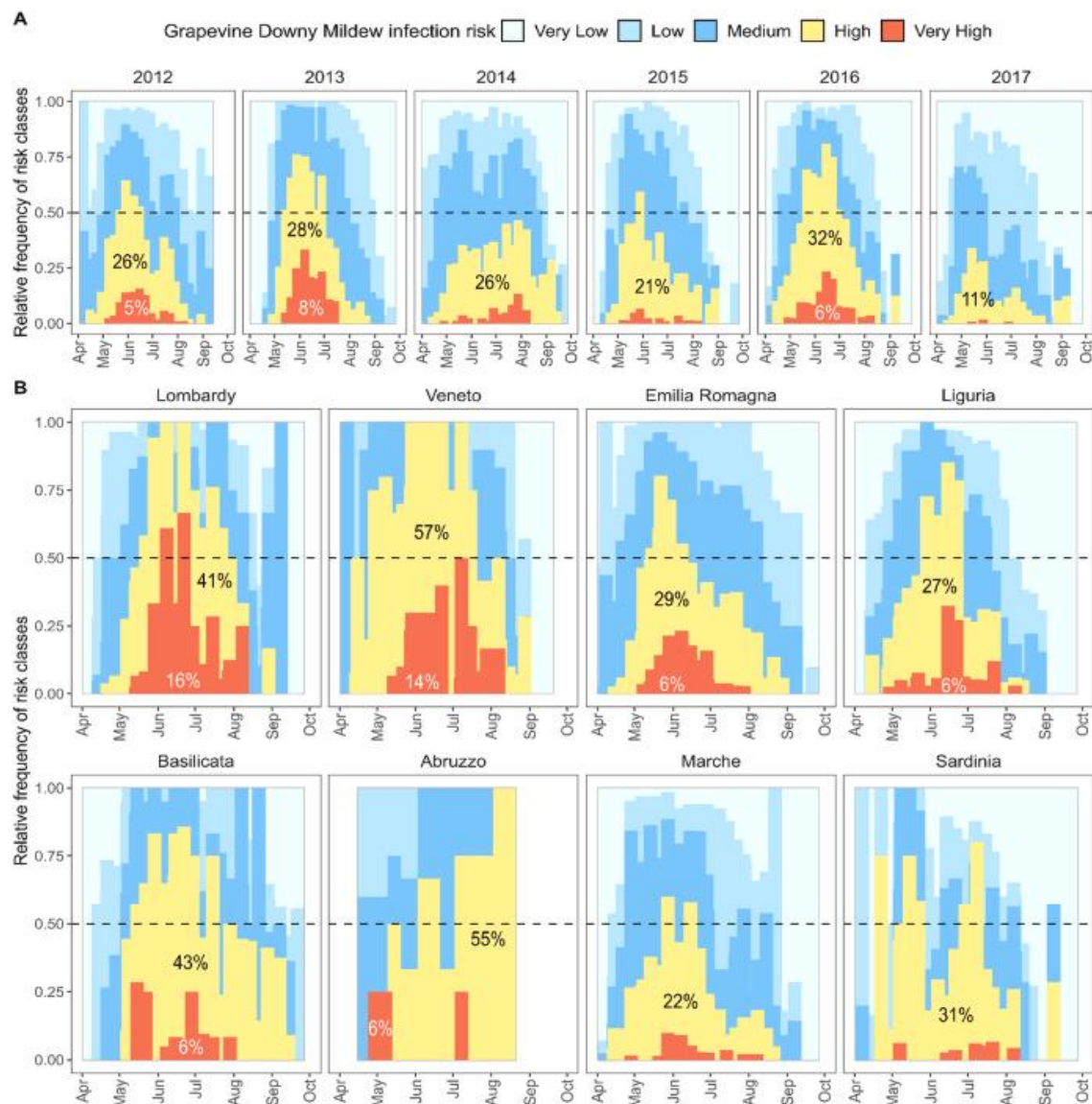


	No disease
Yellow	Powdery mildew
Pink	Downy mildew
Green	<i>Phomopsis</i> leaf spot
Red	Grey mould
Dark blue	<i>Aspergillus</i> rot
Purple	Sour rot
Brown	Esca disease





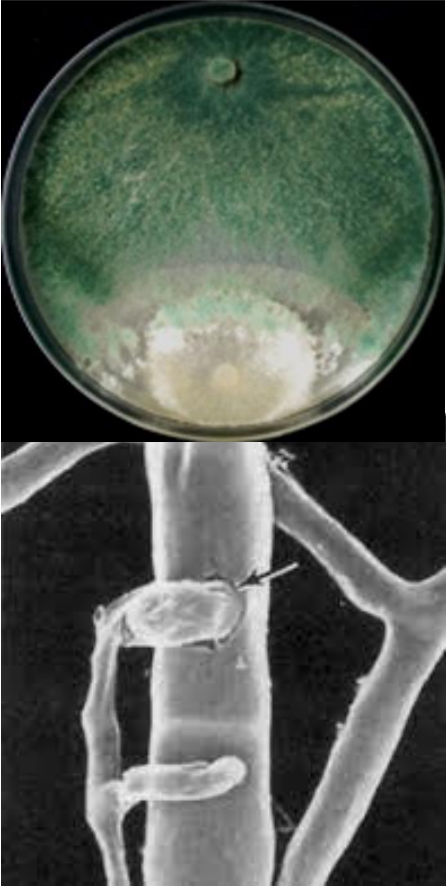
# Effetti dei cambiamenti climatici sulla medicina predittiva



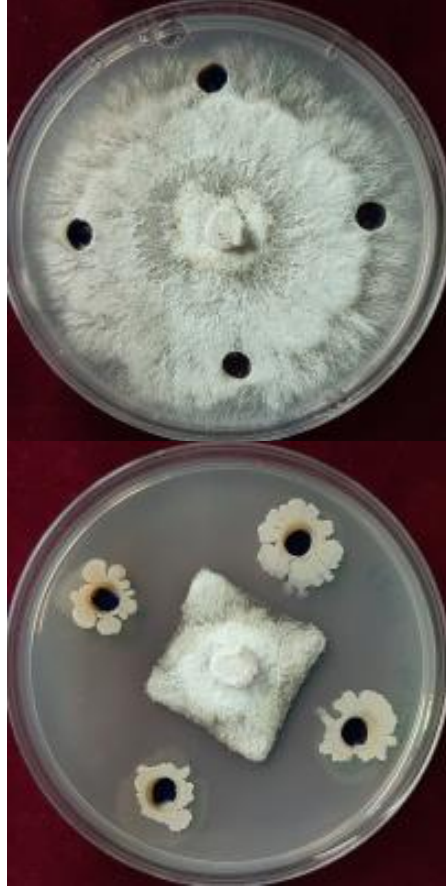
- Modelli previsionali sul clima prevedono che con l'aumento delle temperature, gli eventi piovosi diventeranno più frequenti e intensi, determinando un incremento del vapore acqueo nell'atmosfera
- Gli apprestamenti protettivi delle colture modificano le condizioni microclimatiche influenzando lo sviluppo di patogeni
- Adattamento degli algoritmi dei DSS?
- Validazione?

# Mezzi biologici – agenti di biocontrollo (BCA)

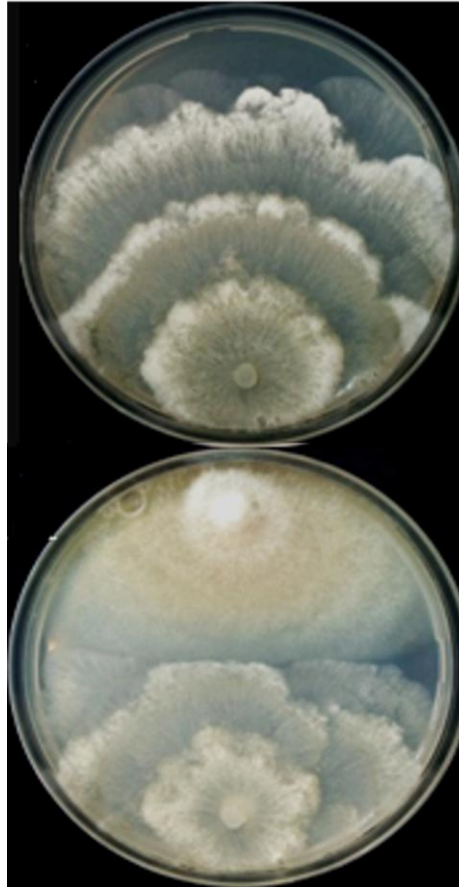
## Iperparassitismo



## Antibiosi



## Competizione

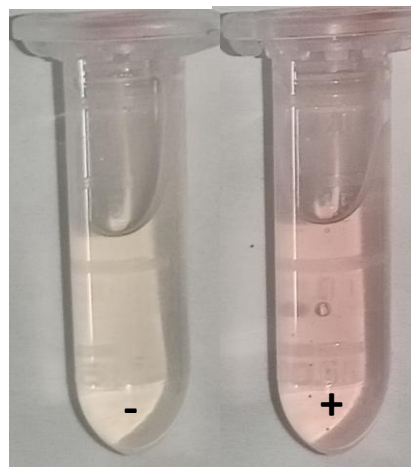


- ☐ Induzione dei meccanismi di difesa delle piante
- ☐ Induzione di fattori di crescita delle piante
- ☐ Degradazione di metaboliti secondari (es. micotossine)
- ☐ Ipovirulenza e micovirus
- ☐ Batteriofagi

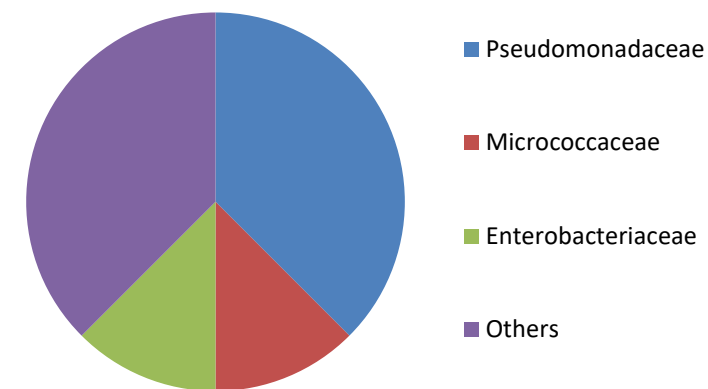
# Suolo e piante sono fonti di microrganismi aventi potenzialità di biocontrollo e promozione di crescita

- Isolamento di microrganismi
- Caratterizzazione (produzione di IAA, suscettibilità a metalli pesanti, tolleranza alla salinità)
- Potenziale come BCAs

Saggi di produzione di acido indolacetico (IAA)

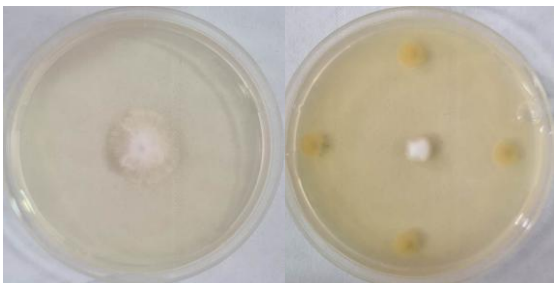


Principali famiglie batteriche isolate da campioni di suolo

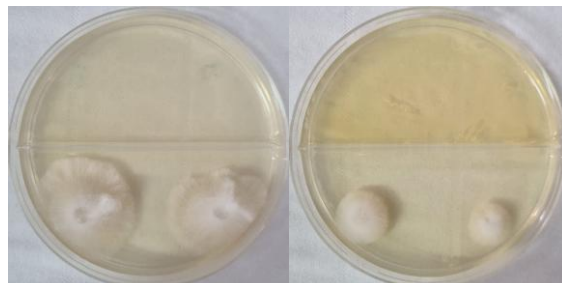


Sensibilità al rame

Antibiosi diretta



Antibiosi mediata da VOCs

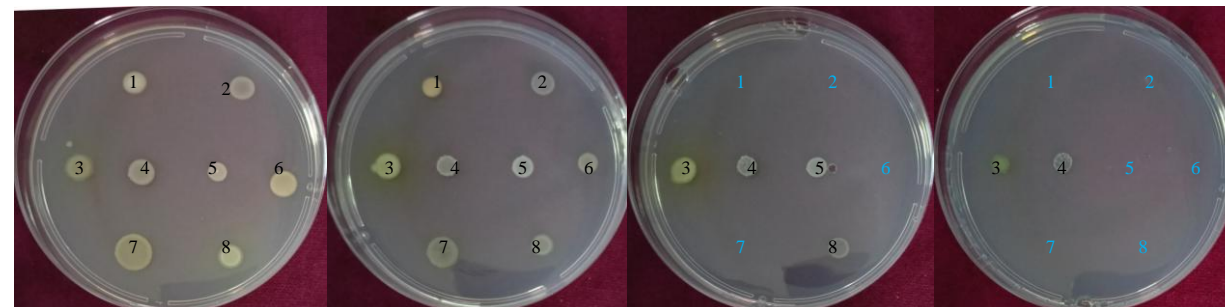


Control

300  $\mu\text{g mL}^{-1}$

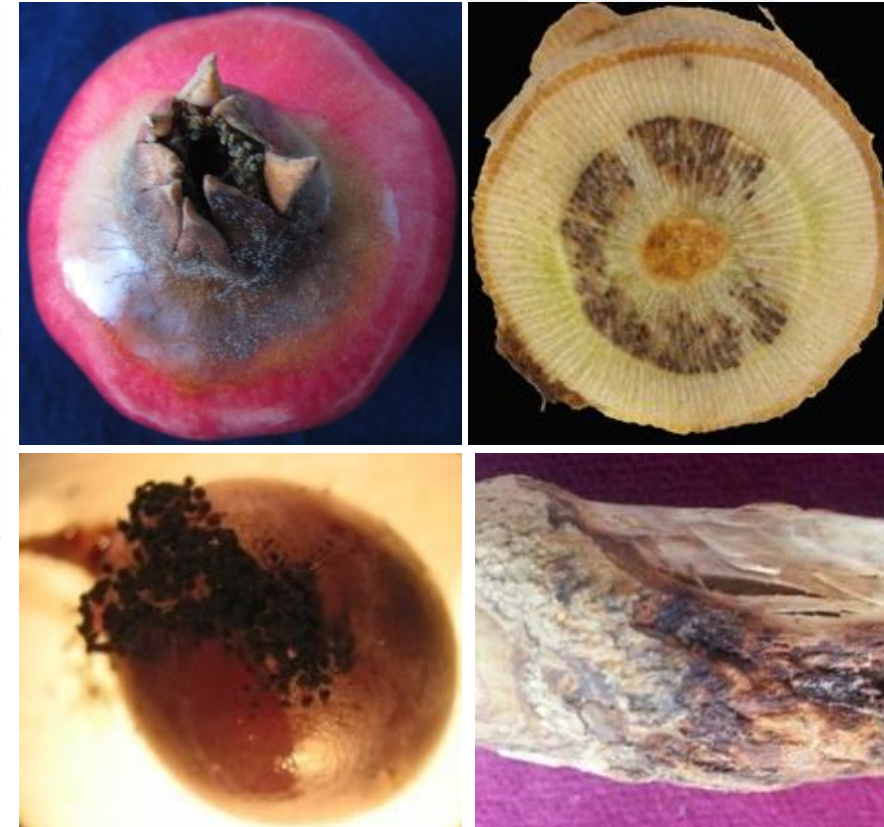
400  $\mu\text{g mL}^{-1}$

500  $\mu\text{g mL}^{-1}$





# Esperienze applicative con *Trichoderma* in particolare su malattie complesse



- Saggiati 35 isolati di *Trichoderma* spp. nei confronti di agenti di marciume o di malattie del legno
- Efficacia dipendente dalla combinazione patogeno/antagonista
- Inibizione della crescita della colonia (30-90%)
- Sovracrescita dell'antagonista sul patogeno

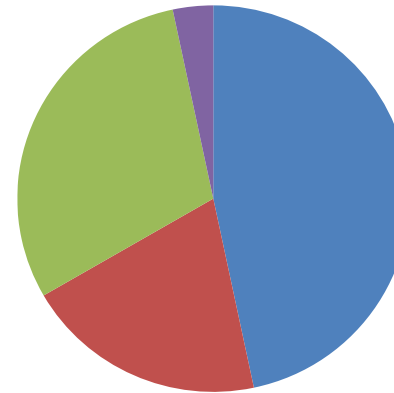


# Esperienze applicative con *Bacillus* verso marciumi del grappolo

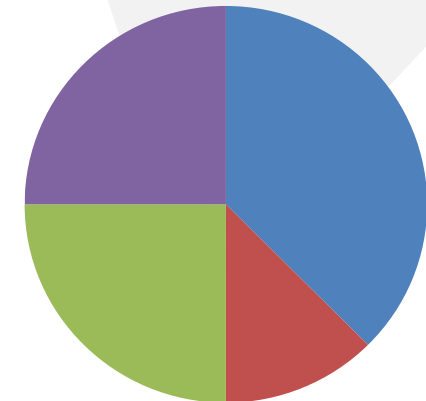
(4 prove uva da vino)

- Efficacia variabile verso il marciume da *Aspergillus* e la conseguente contaminazione da OTA
- Buoni risultati verso il marciume acido
- Promettente l'impiego di *Bacillus* spp. verso *Aspergillus* spp. nel processo di appassimento dell'uva
- Riduzione della produzione di OTA con saggi di coltura duale *in vitro*

**Marciume da *Aspergillus* spp.**



**Marciume acido**



■ Assenza/bassa efficacia (0-5%)

■ Efficacia mediocre (21-50%)

■ Efficacia modesta (5-20%)

■ Buona efficacia >50%

# Persistenza di BCA in campo



## Trattamento 1

Giorni



↑ I\_T0    ↑ I\_T3    ↑ I\_T6    ↑ I\_T9

3 h    Campionamenti

## Trattamento 2

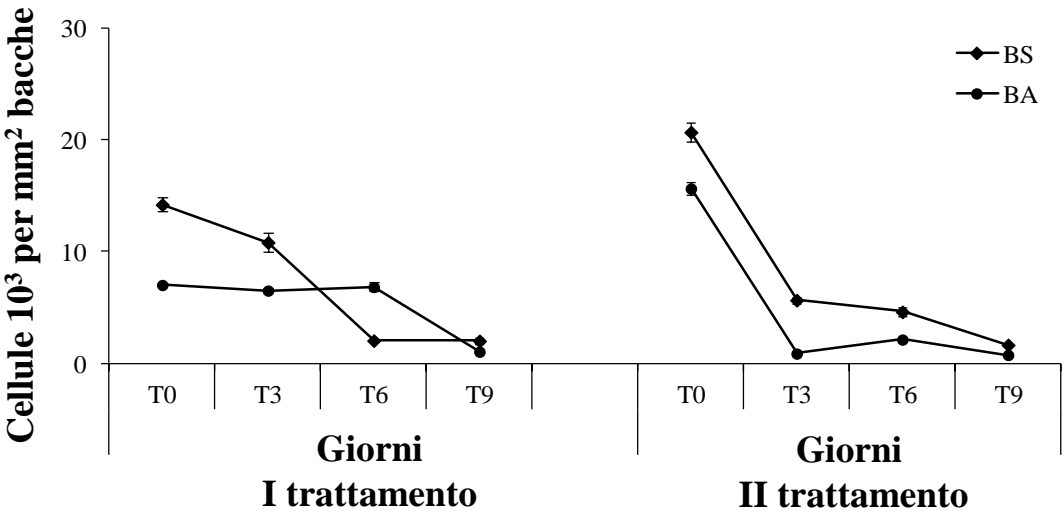
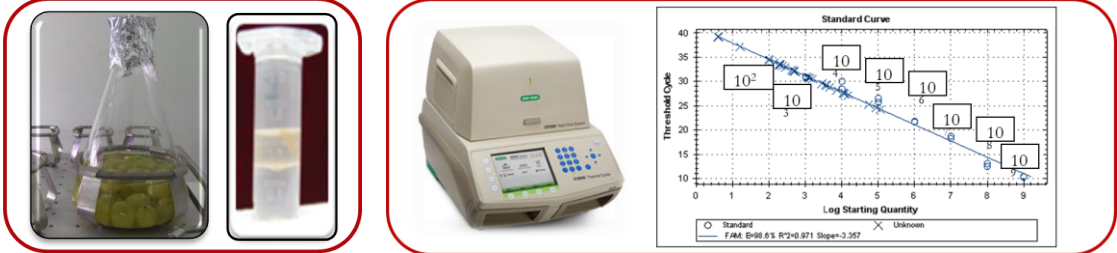
Giorni



↑ II\_T0    ↑ II\_T3    ↑ II\_T6    ↑ II\_T9

3 h    Campionamenti

Quantificazione in qPCR di *Bacillus subtilis* ceppo QST713 e *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* ceppo D747



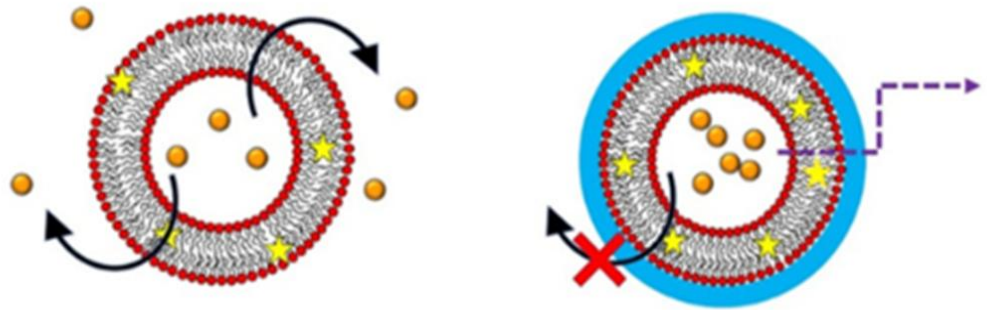
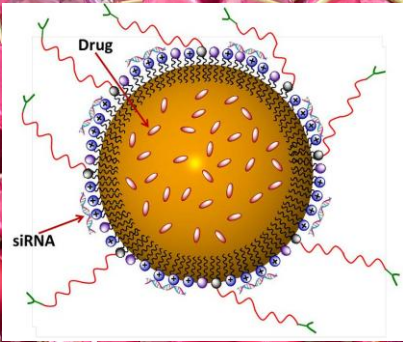
# Lotta microbiologica

- Da più parti richiesta una semplificazione dell'iter registrativo e una consistente riduzione dei tempi e dei costi
- Efficacia parziale e, soprattutto, variabile degli antagonisti
- Integrazione con altri mezzi di protezione
- L'analisi metagenomica permette una migliore caratterizzazione delle comunità microbiche (organismi coltivabili e non coltivabili) associate alle piante
- Manipolazione del microbiota e/o costituzione di consorzi microbici
- Necessità di ricerca, trasferimento tecnologico e formazione



# Nanotecnologie

- Esempi applicativi in fertilizzazione e nella gestione fitosanitaria
- Veicolare efficacemente le sostanze attive verso il bersaglio
- Ridurre la quantità di sostanza attiva e l'impatto ambientale



De Leo, V., Milano, F., Agostiano, A., & Catucci, L. (2021). Recent advancements in polymer/liposome assembly for drug delivery: From surface modifications to hybrid vesicles. *Polymers*, 13(7), 1027.

# Induttori di resistenza

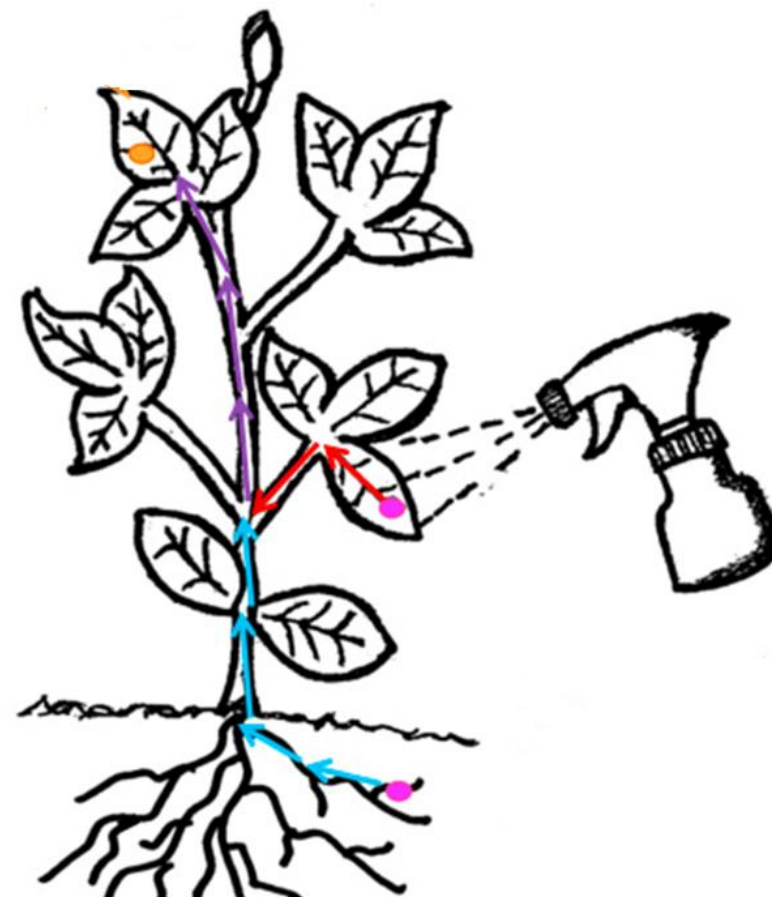
Elicitori o attivatori delle difese naturali della pianta che conferiscono migliorata resistenza a patogeni e altre cause di stress biotico e abiotico

Assenza di attività antimicrobica diretta

Le piante trattate sono resistenti ad un'ampia gamma di malattie

La resistenza può essere indotta da microrganismi non patogeni, sostanze chimiche di sintesi o naturali (estratti di piante, alghe o derivati microbici)

È possibile combinare gli induttori di resistenza con agenti di biocontrollo e mezzi chimici in programmi IPM



Hartman et al. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-335-5.00003-2>



# Studi sulla induzione di resistenza

*Plasmopara viticola*

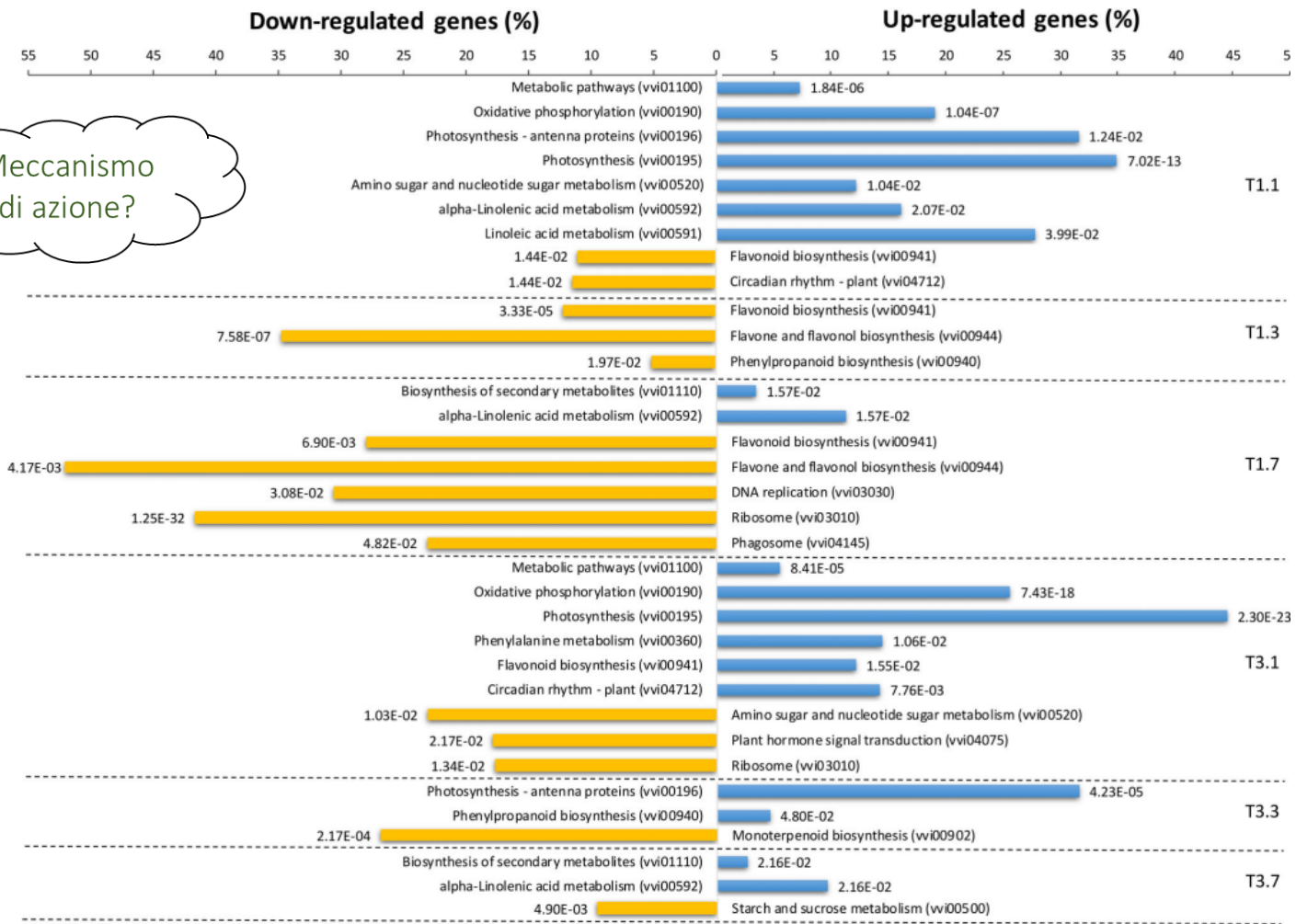
Non trattato



Trattato



Meccanismo di azione?





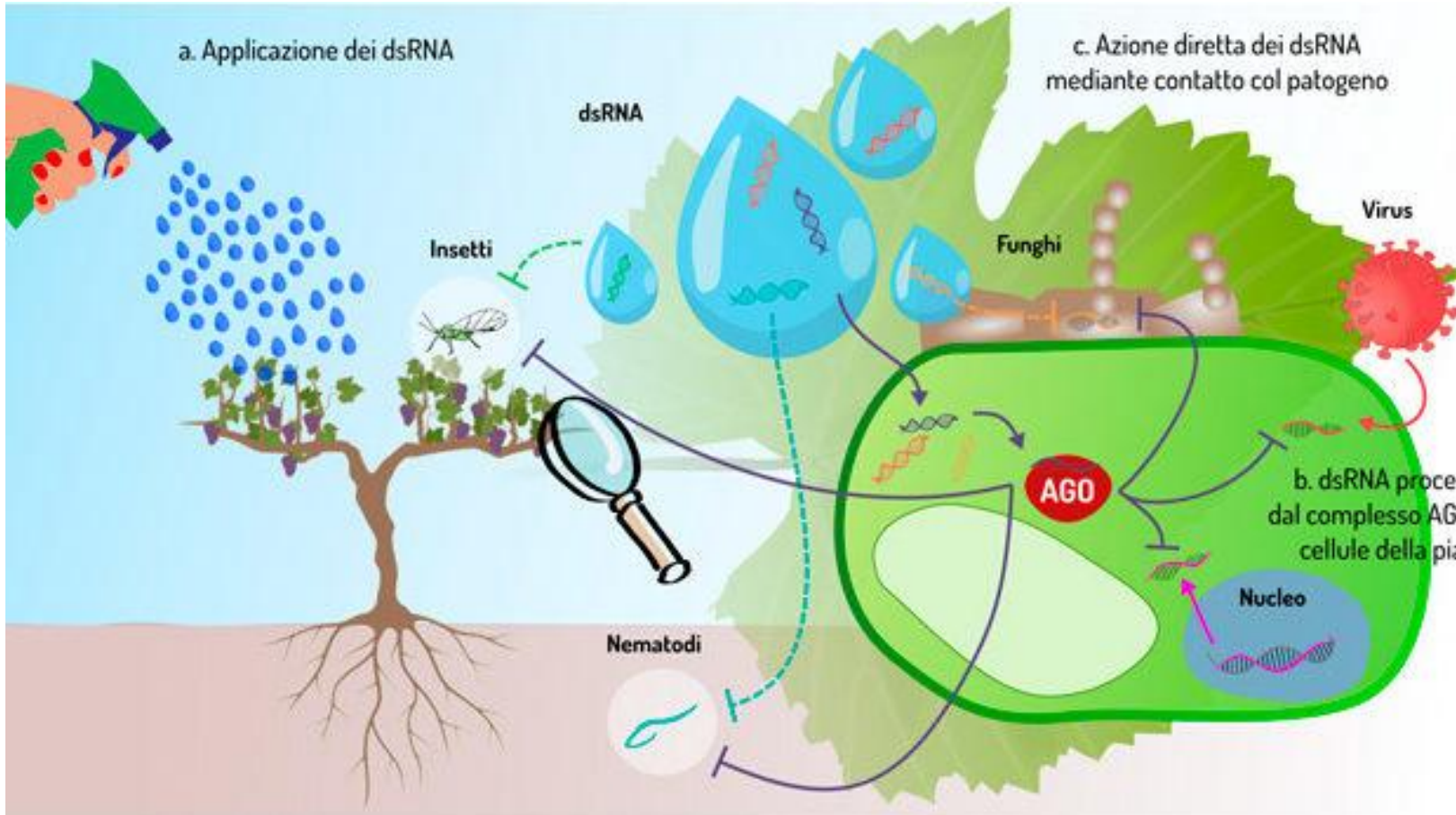
# Induzione di resistenza nelle piante

Fattori che possono influenzare l'efficacia

- ❖ Genotipo dell'ospite
- ❖ Stato fisiologico e nutrizionale
- ❖ Precedente esposizione ad agenti inducenti
- ❖ Fattori ambientali
- ❖ Altri mezzi di protezione impiegati
- ❖ Tempi, frequenza e modalità dei trattamenti
- ❖ Possibile costo metabolico

# Applicazioni di dsRNA per la gestione di patogeni mediante silenziamento genico

## *Spray Induced Gene Silencing*



- Naturale strumento di difesa da infezioni virali e di controllo dell'espressione genica negli eucarioti
  - Silenziamento di effettori, di geni chiave del metabolismo del patogeno o di geni di suscettibilità della pianta
- 
- ✓ Approccio molto promettente
  - ✓ Definizione relativa normativa
  - ✓ Identificazione di geni target
  - ✓ Approfondimento sulle modalità di applicazione
  - ✓ Valutazione della selettività verso organismi non bersaglio e del possibile impatto ambientale



# Conclusioni

*Nuovi approcci più sostenibili per la protezione delle piante*

- **Momento di transizione** caratterizzato da molte incertezze sulla protezione integrata e, più in generale, sulla stessa produzione agricola
- Di certo il futuro dell'agricoltura europea vedrà un **ruolo sempre più ridotto della chimica** ma è necessario fornire a tecnici e agricoltori i mezzi tecnici idonei ad assicurare la **sanità e la qualità delle colture e dei prodotti** con il **minimo impatto** possibile sulla salute dell'uomo e sull'ambiente
- Le soluzioni non possono che essere molteplici e devono essere cercate in un importante sforzo in **ricerca, sperimentazione, formazione e trasferimento tecnologico** a cui siamo tutti oggi chiamati





# Grazie



Associazione Regionale Pugliese  
dei Tecnici e Ricercatori  
in Agricoltura

Rita Milvia De Miccolis Angelini 

+39 3391889510 

ritamilvia.demiccolisangelini@uniba.it 

[www.arptr.com](http://www.arptr.com) 