



Nuovi approcci più sostenibili per la protezione delle piante

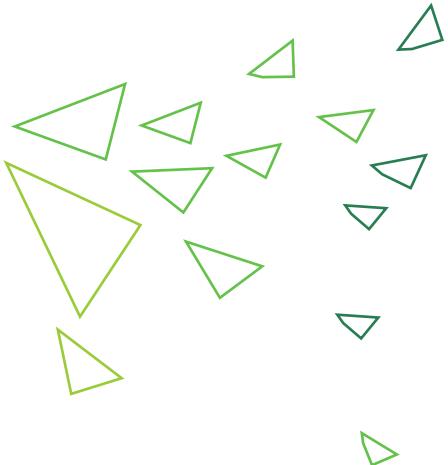
Rita Milvia De Miccolis Angelini

vice presidente ARPTRA



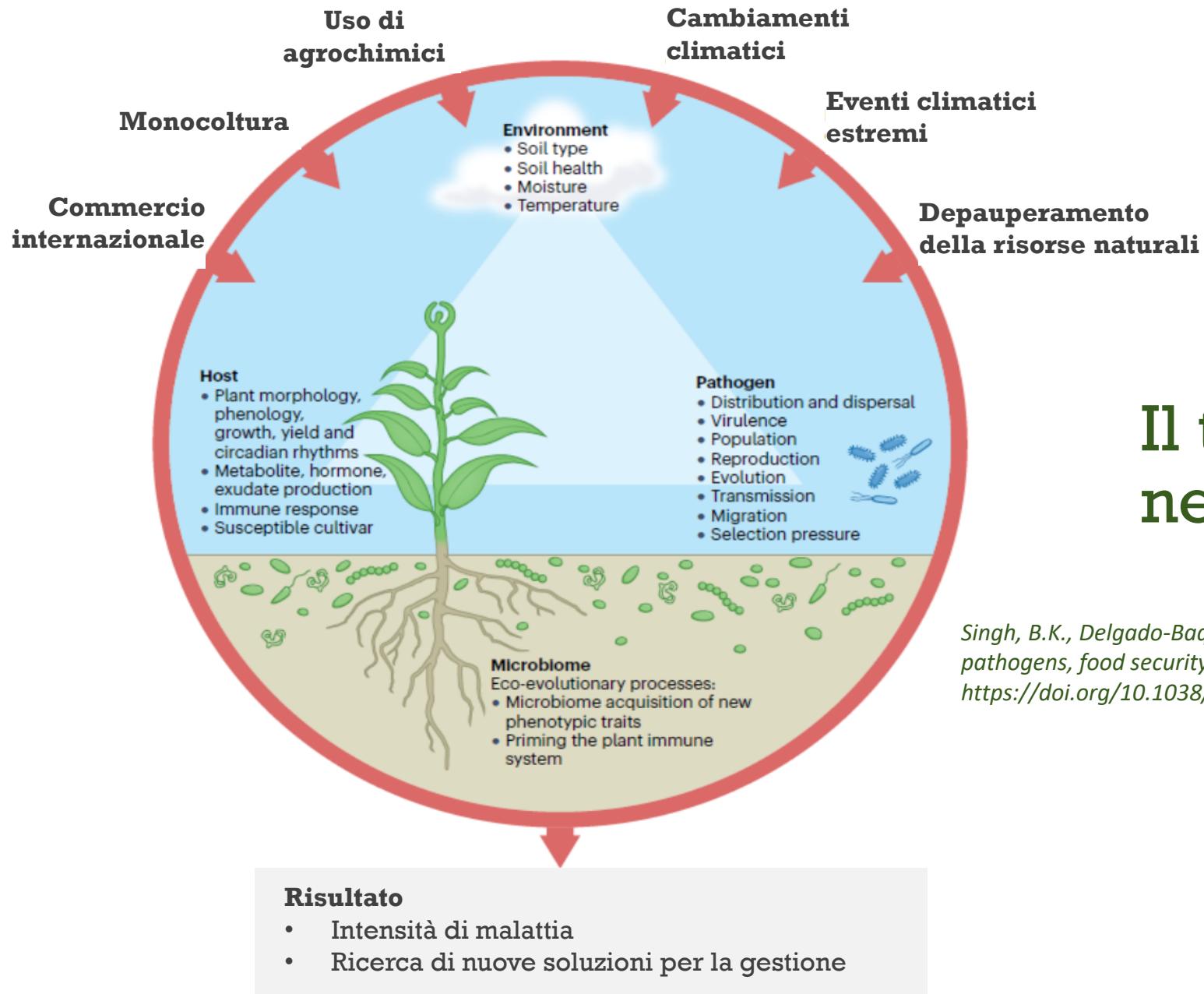
Associazione Regionale Pugliese
dei Tecnici e Ricercatori
in Agricoltura

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>

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



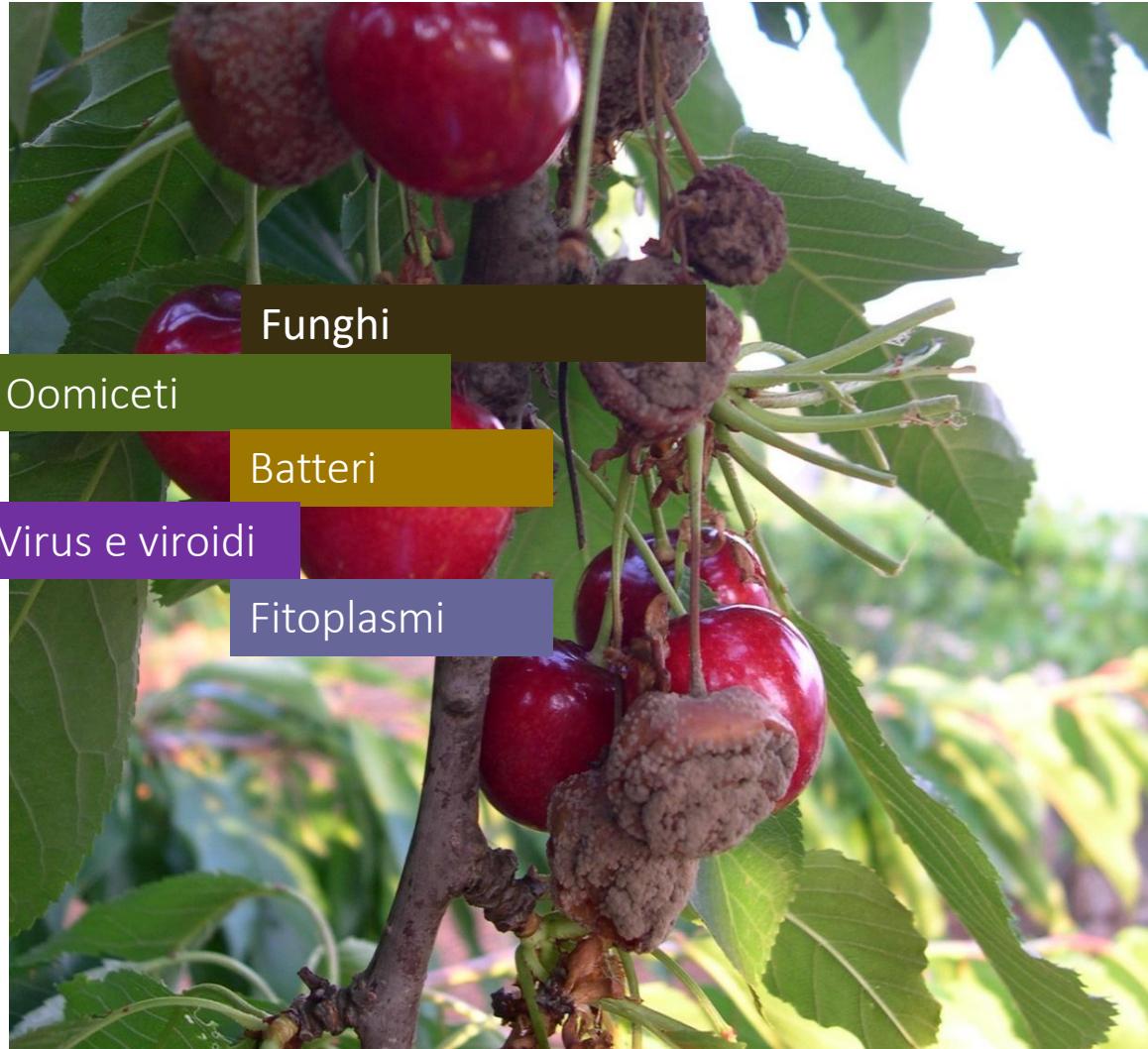
Diverse e sempre nuove malattie affliggono le colture



Sprechi alimentari

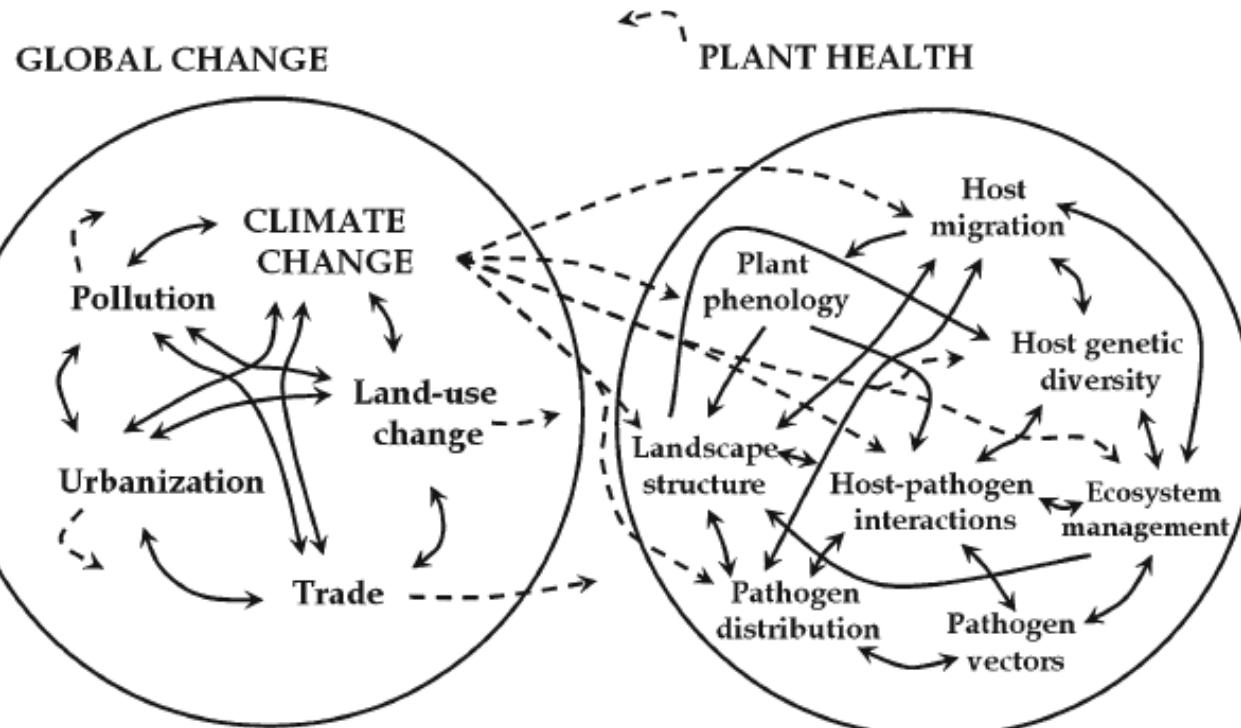
1,6 miliardi di tonnellate di alimenti persi

Impatto dei patogeni delle piante

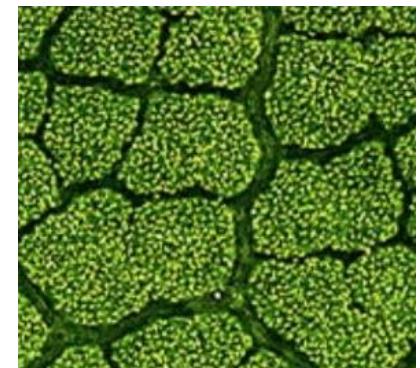


- **sulla produzione agricola**, causando fino al 25% di perdite per danni diretti in campo, fino al 40% di perdite in postraccolta
- **sulla salute di animali e uomo** per la contaminazione da micotossine sia per i costi diretti e indiretti sostenuti per la loro gestione
- **sull'ambiente**, riduzione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

GTD

Escoriosi

Oidio

Muffa grigia e marciumi del grappolo



Escoriosi



Peronospora



Oidio



Muffa grigia

Marciumi secondari



Le 5 azioni della protezione integrata



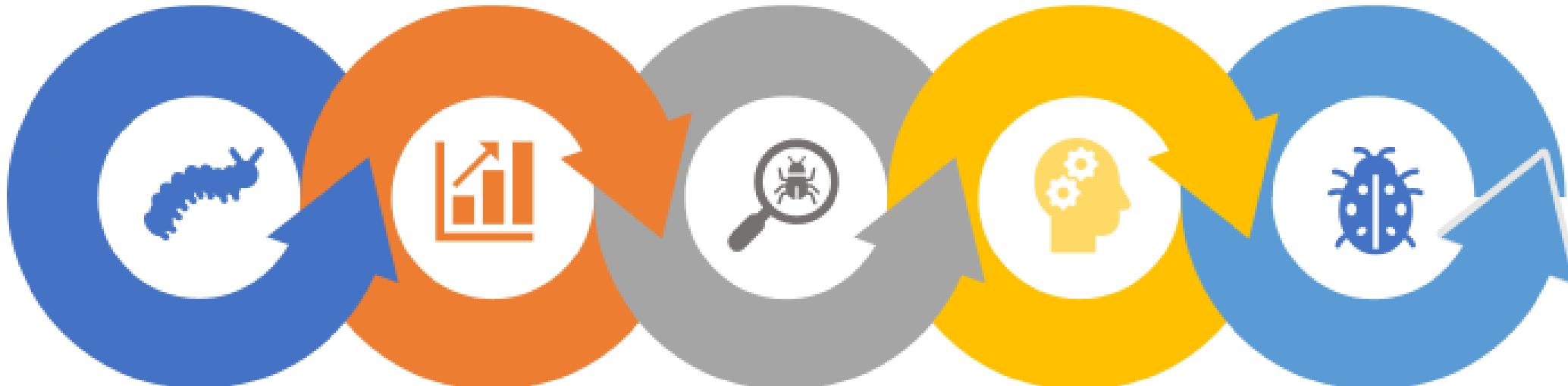
Identificazione degli agenti causali

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

Monitoraggio

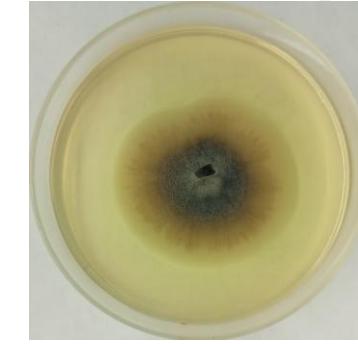
- Selezione del sito
- Scelta varietale
- Momento di impianto
- Rotazioni culturali

Controllo

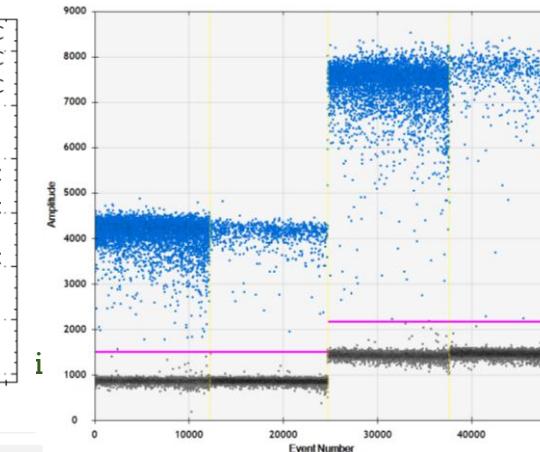
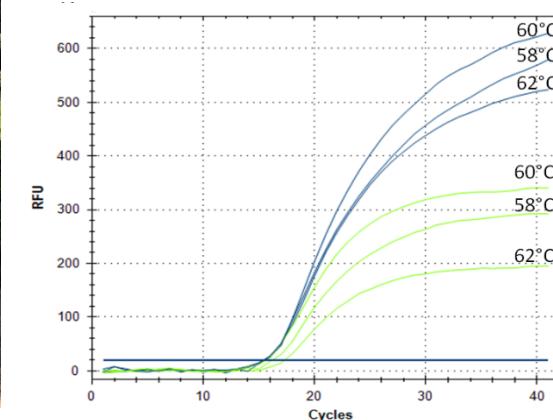


Monitoraggio delle malattie ed identificazione degli agenti causali

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



Sviluppo di diagnostici utilizzabili con diverse tecniche molecolari



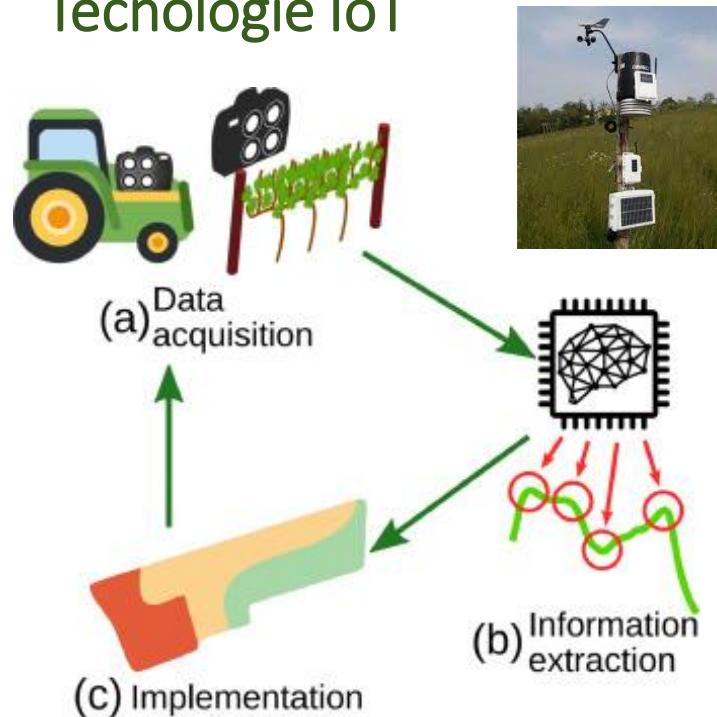
Mezzi e Tecnologie della protezione integrata

Agronomici



Fisici

Tecnologie IoT



Tecnologie genetiche



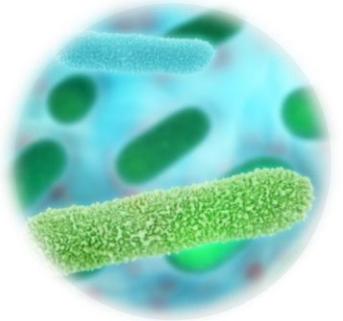
Biologici



Chimici



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

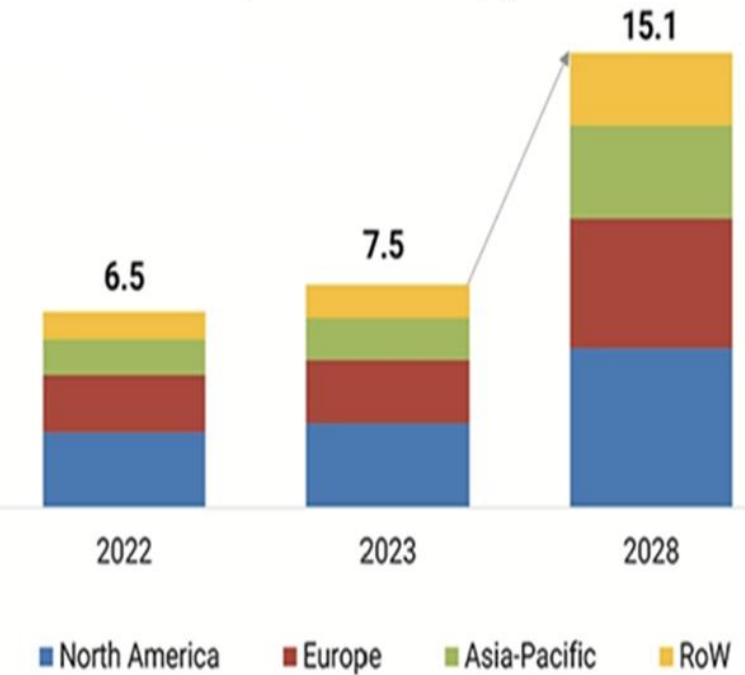
Biorazionali impiegati per la protezione delle colture

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:

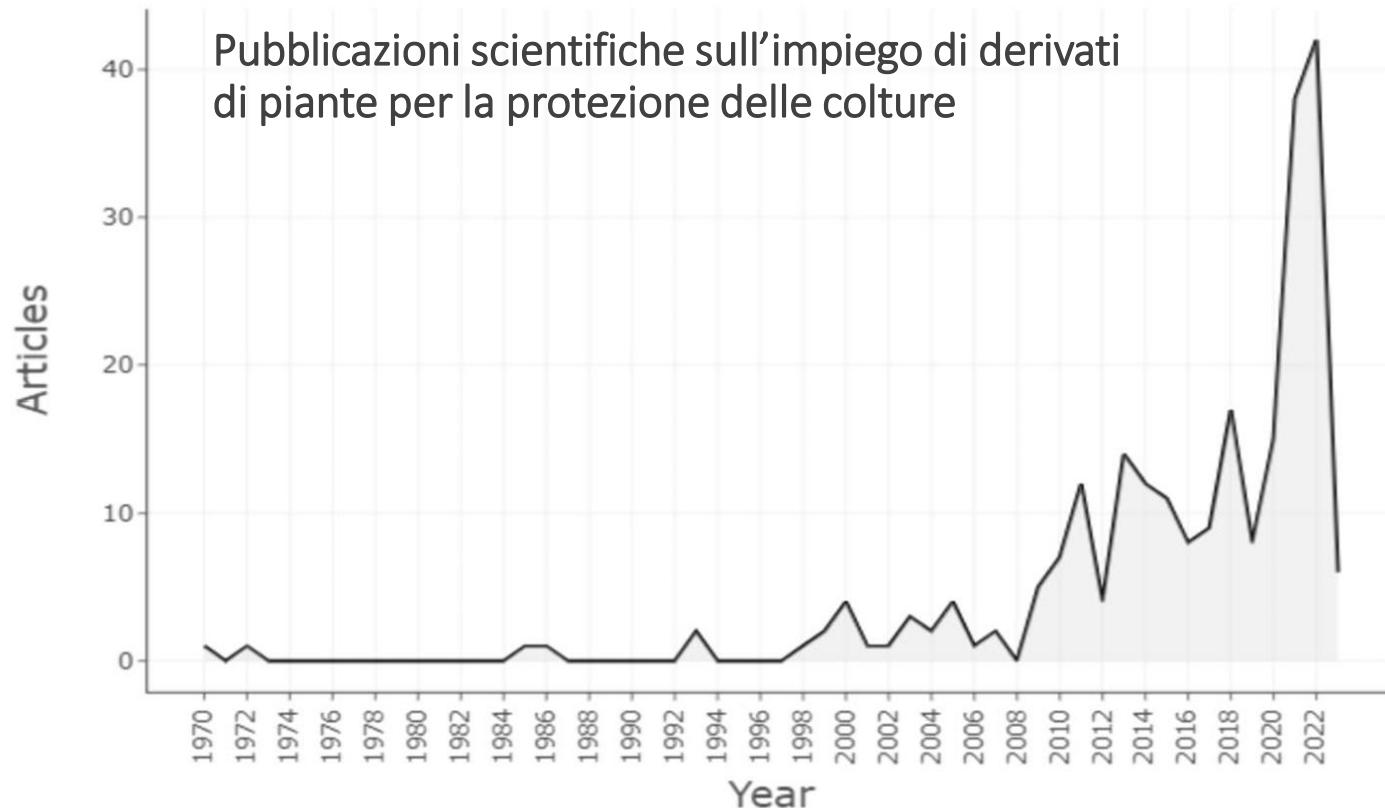
- ✓ Alti costi associati allo sviluppo di prodotti di sintesi per la protezione delle piante
- ✓ Attenzione dell'opinione pubblica e delle istituzioni all'impiego di pesticidi chimici di sintesi
- ✓ Incentivi alla gestione in regime di agricoltura biologica
- ✓ Livelli di efficacia generalmente inferiori 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.



Estratti di origine naturale

Aloe vera extracts



Plants extracts



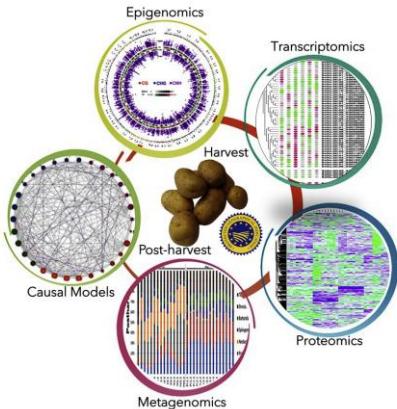
Essential Oils

- 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*



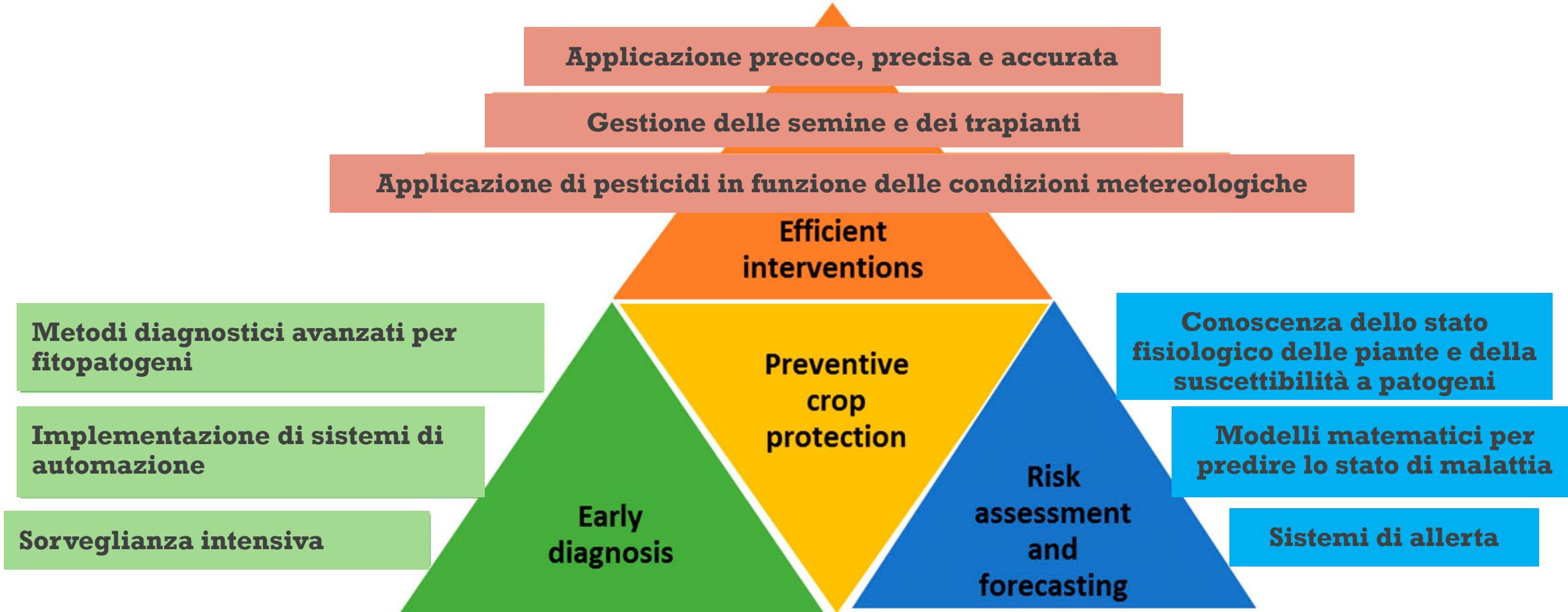
Tecnologie innovative

per un'applicazione più mirata ed efficace

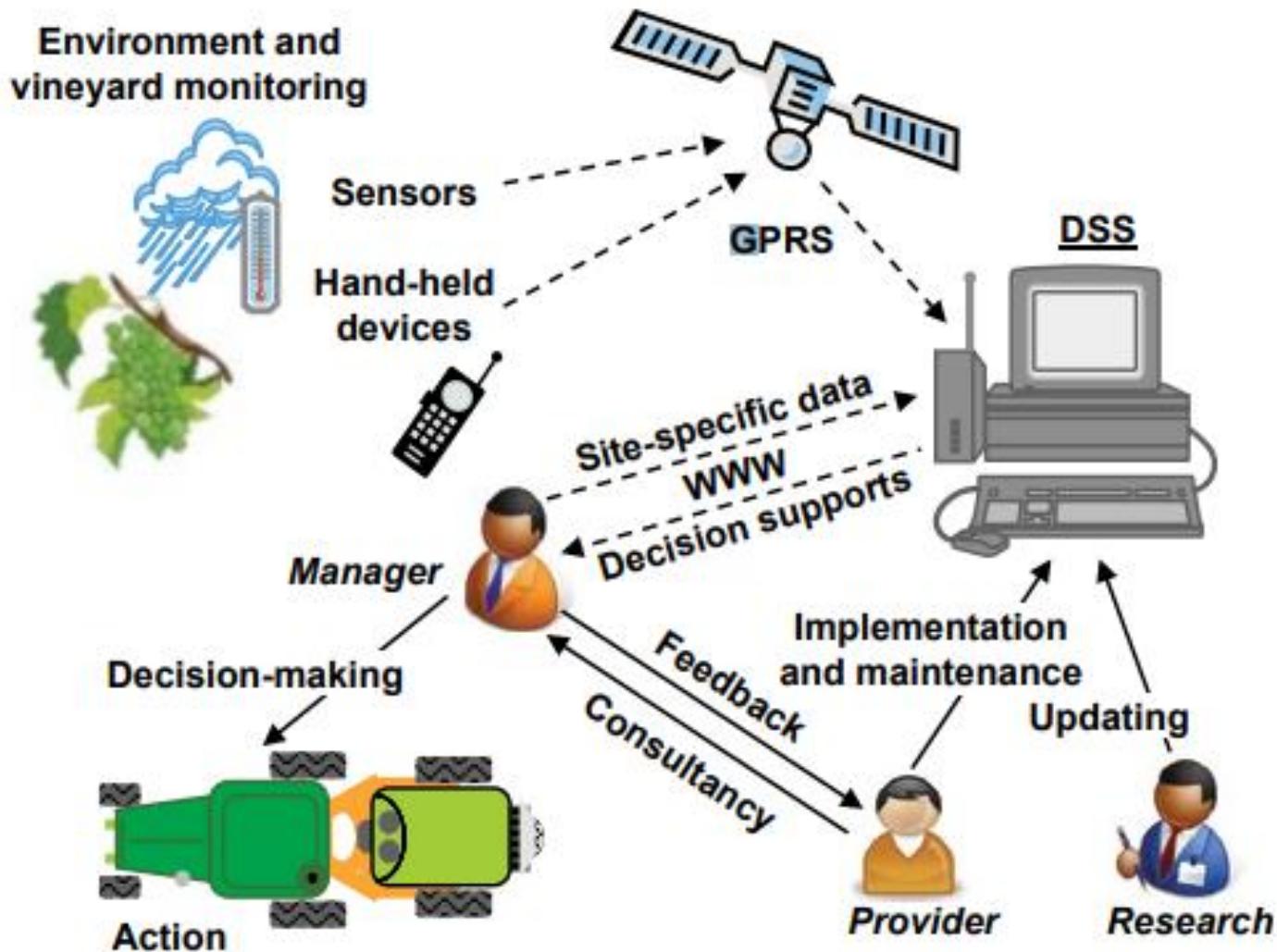


- Conoscenza approfondita dei meccanismi di azione e delle interazioni con la pianta e l'ambiente
- Ricerca e sviluppo di nuovi prodotti naturali efficaci e sostenibili
- Considerazione della biodiversità e degli equilibri naturali
- Trasferimento delle conoscenze acquisite per il miglioramento delle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

Medicina predittiva



Sistemi di supporto alle decisioni (DSS)



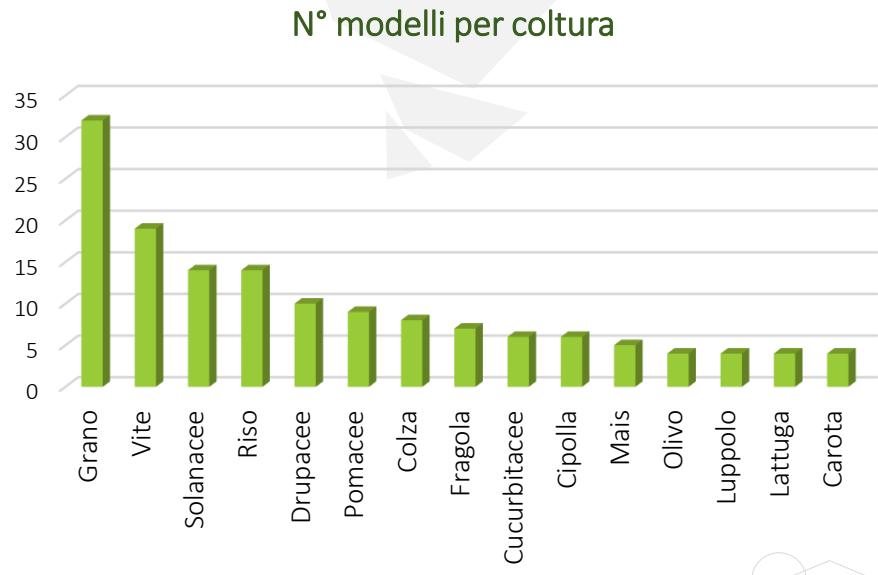
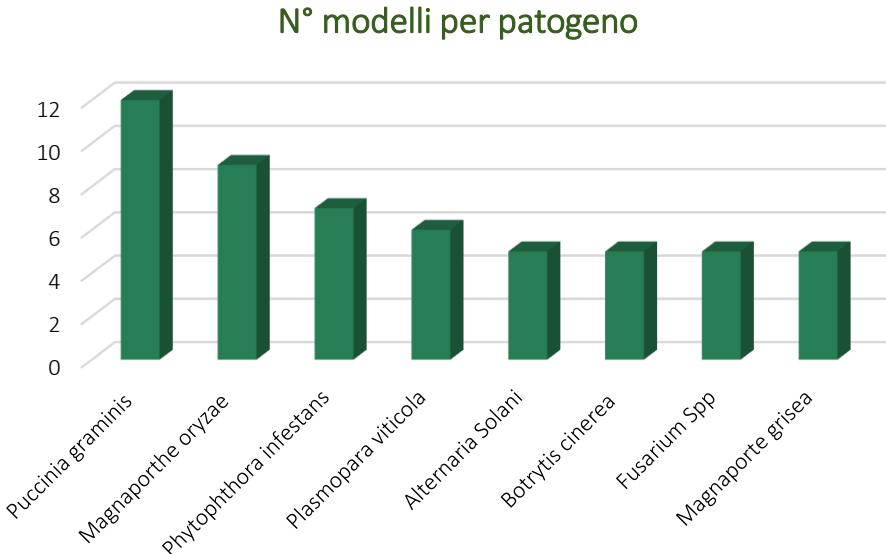
V. ROSSI, T. CAFFI, and F. SALINARI, "Helping farmers face the increasing complexity of decision-making for crop protection", *Phytopathol. Mediterr.*, vol. 51, no. 3, pp. 457–479, Nov. 2012.



Modelli previsionali

Empirici, stocastici, meccanicistici, deterministici

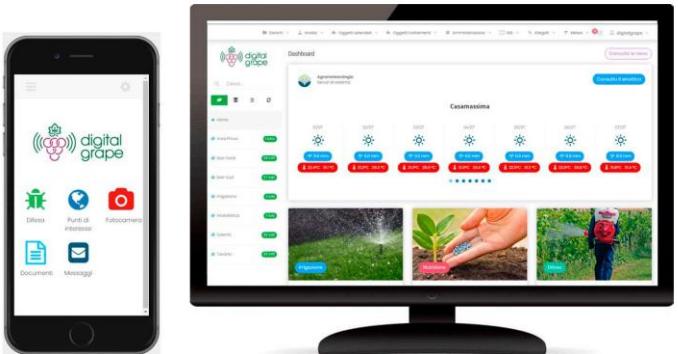
Rappresentazione semplificata delle relazioni tra patogeno, pianta ospite e ambiente, che predice l'andamento delle malattie nel tempo e/o nello spazio per supportare il decisore nel migliorare la pianificazione degli interventi.



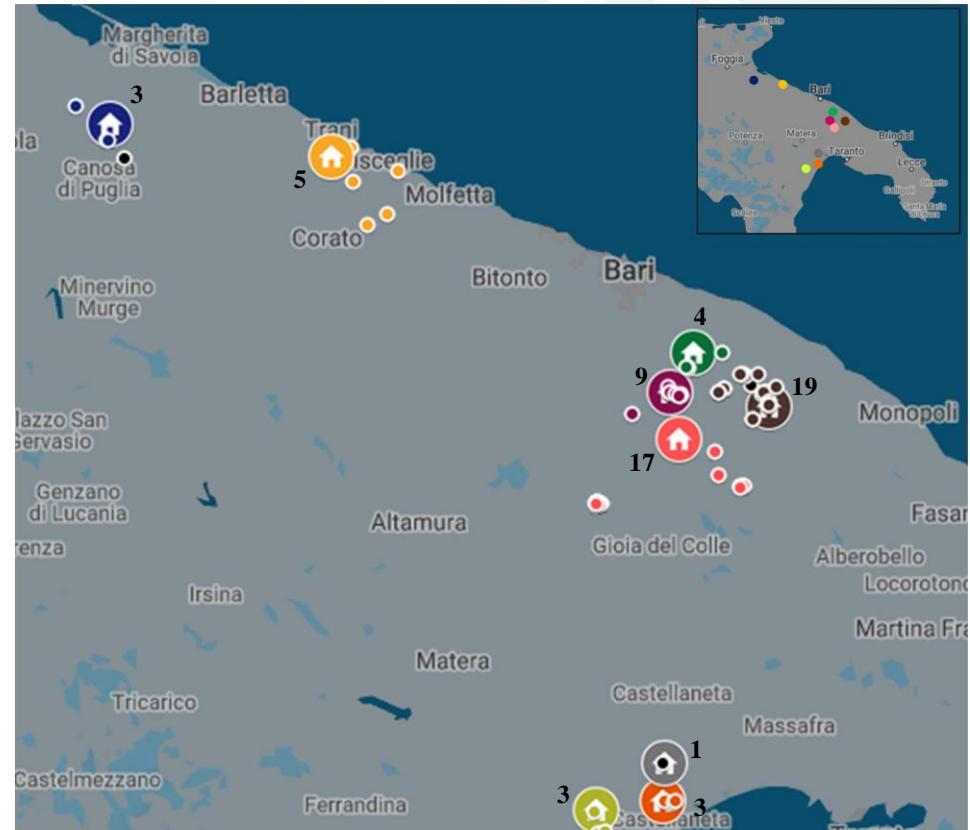
Sistemi di allerta



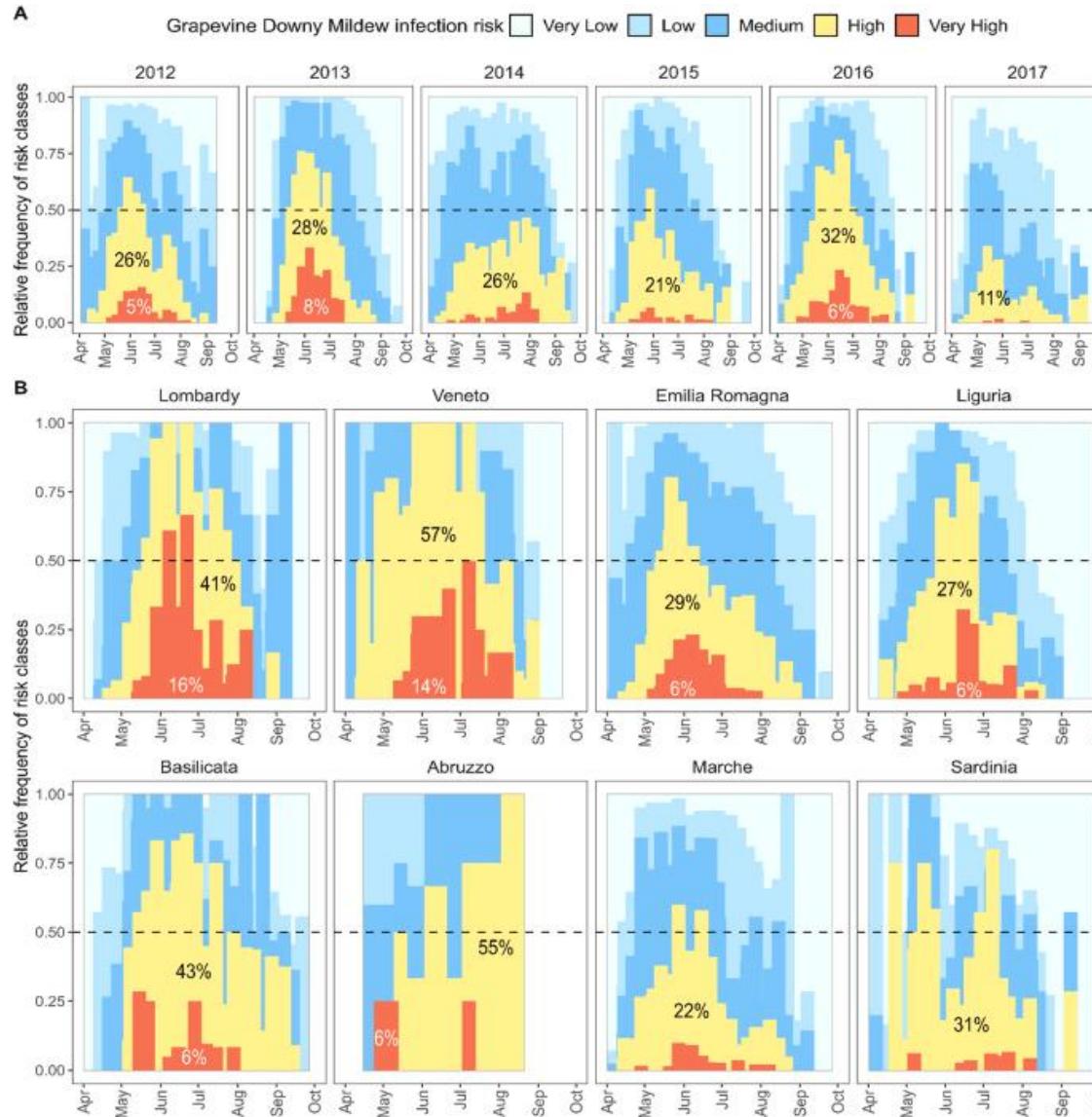
Data	Vineyard n.																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
May-10																			
May-17																			
May-24																			
May-31																			
Jun-07																			
Jun-14																			
Jun-21																			
Jun-28																			
Jul-05		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



	No disease
	Powdery mildew
	Downy mildew
	<i>Phomopsis</i> leaf spot
	Grey mould
	<i>Aspergillus</i> rot
	Sour rot
	Esca disease



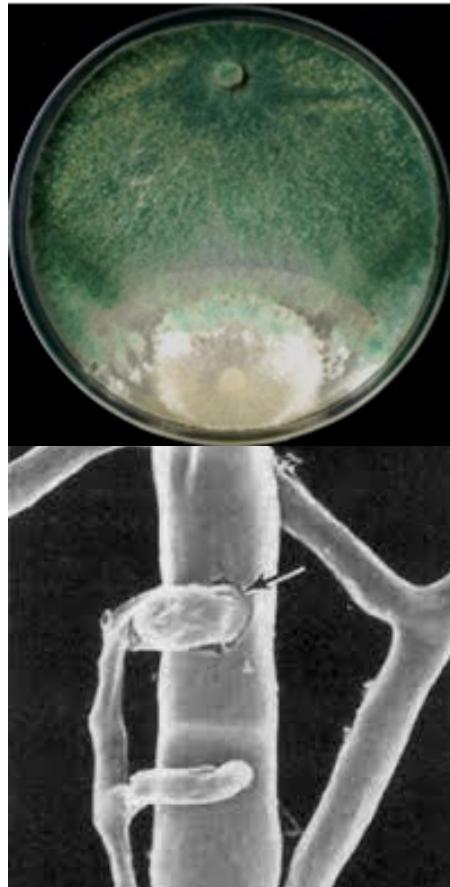
Effetti dei cambiamenti climatici sulla medicina predittiva



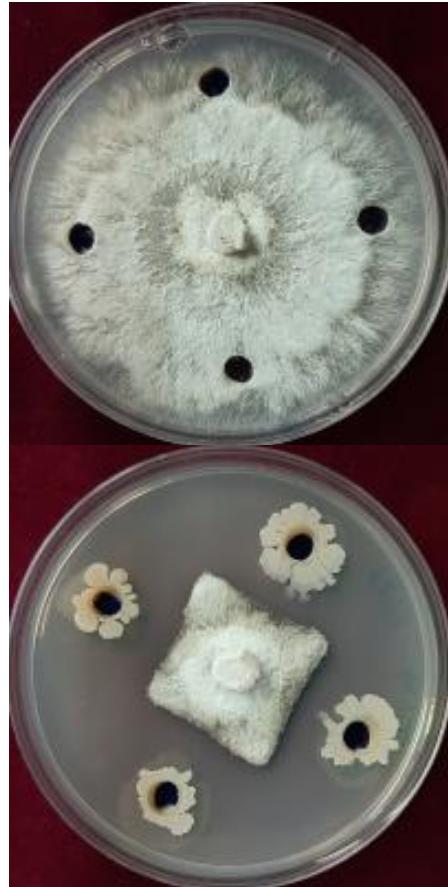
- Modelli previsionali sul clima prevedono che con l'aumento delle temperature, gli eventi piovosi diventeranno più frequenti e intensi, determinando un incremento del vapore acqueo nell'atmosfera
- Gli apprestamenti protettivi delle colture modificano le condizioni microclimatiche influenzando lo sviluppo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

Mezzi biologici – agenti di biocontrollo (BCA)

Iperparassitismo



Antibiosi



Competizione

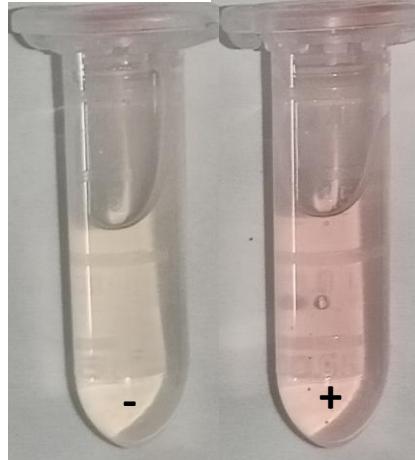


- Induzione dei meccanismi di difesa delle piante
- Induzione di fattori di crescita delle piante
- Degradazione di metaboliti secondari (es. micotossine)
- Ipovirulenza e micovirus
- Batteriofagi

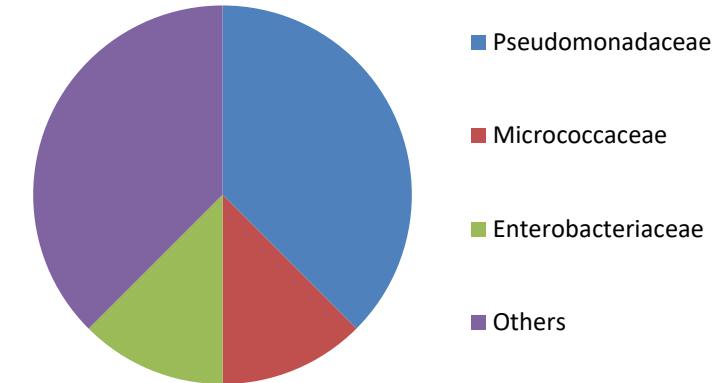
Suolo e piante sono fonti di microrganismi aventi potenzialità di biocontrollo e promozione di crescita

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

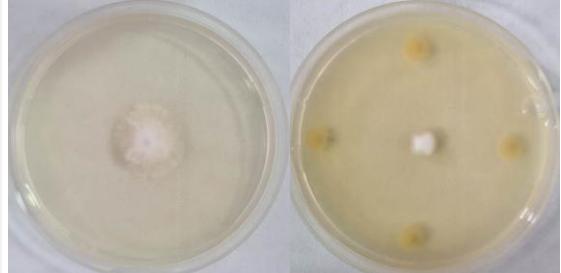
Saggi di produzione di acido indolacetico (IAA)



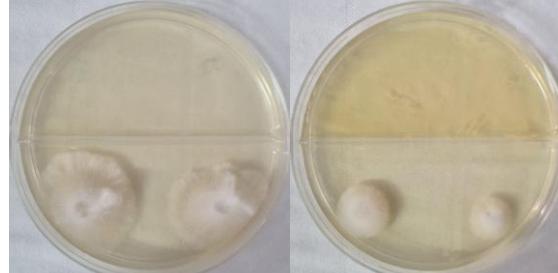
Principali famiglie batteriche isolate da campioni di suolo



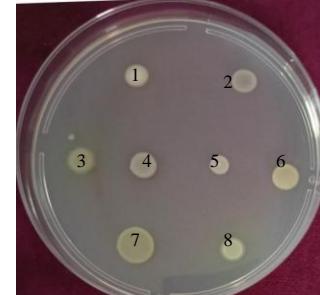
Antibiosi diretta



Antibiosi mediata da VOCs



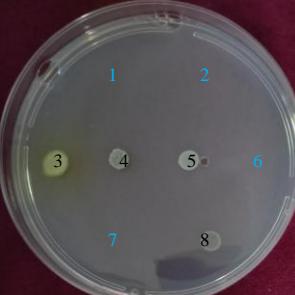
Control



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



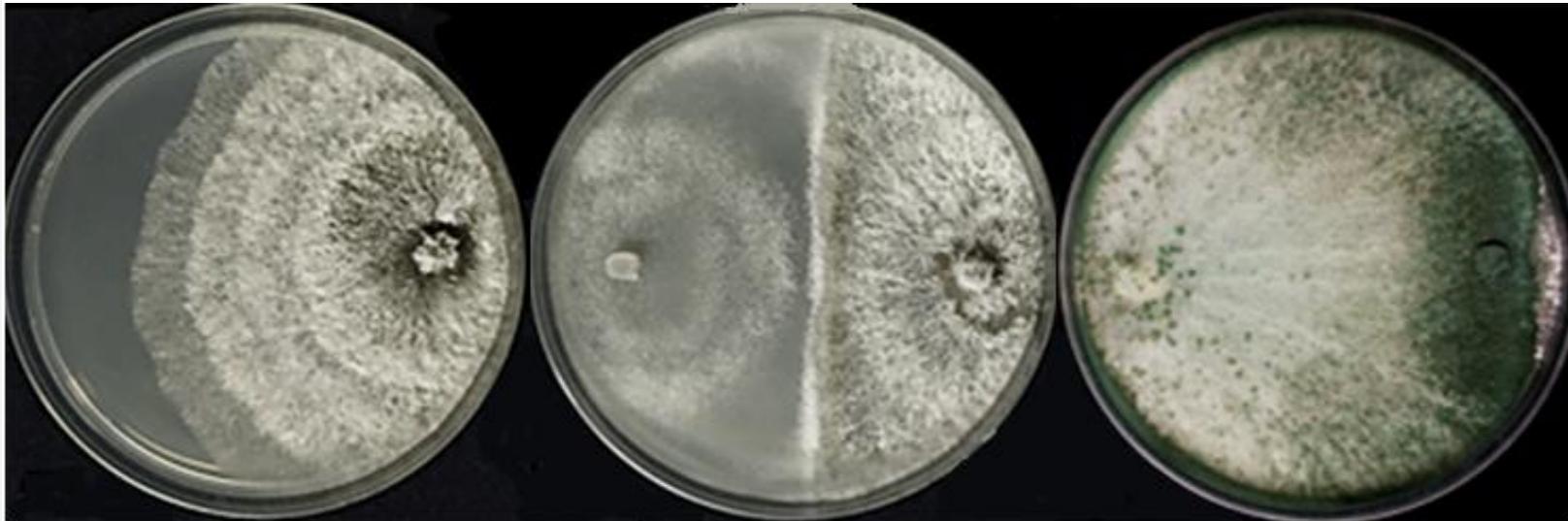
400 $\mu\text{g mL}^{-1}$



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



Esperienze applicative con *Trichoderma* in particolare su malattie complesse



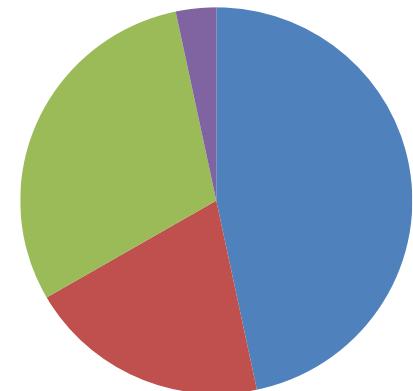
- Saggiati 35 isolati di *Trichoderma* spp. nei confronti di agenti di marciume o di malattie del legno
- Efficacia dipendente dalla combinazione patogeno/antagonista
- Inibizione della crescita della colonia (30-90%)
- Sovracrescita dell'antagonista sul patogeno

Esperienze applicative con *Bacillus* verso marciumi del grappolo

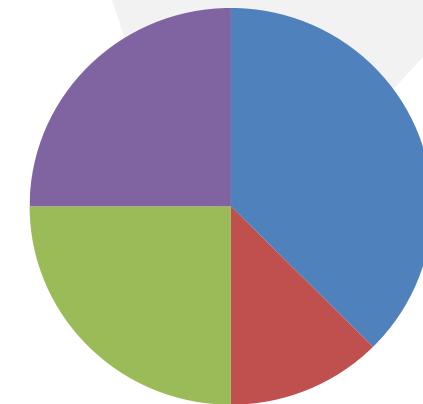
(4 prove uva da vino)

- 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

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

↑ I_T0 ↑ I_T3 ↑ I_T6 ↑ I_T9

3 h

Campionamenti

Trattamento 2

Giorni

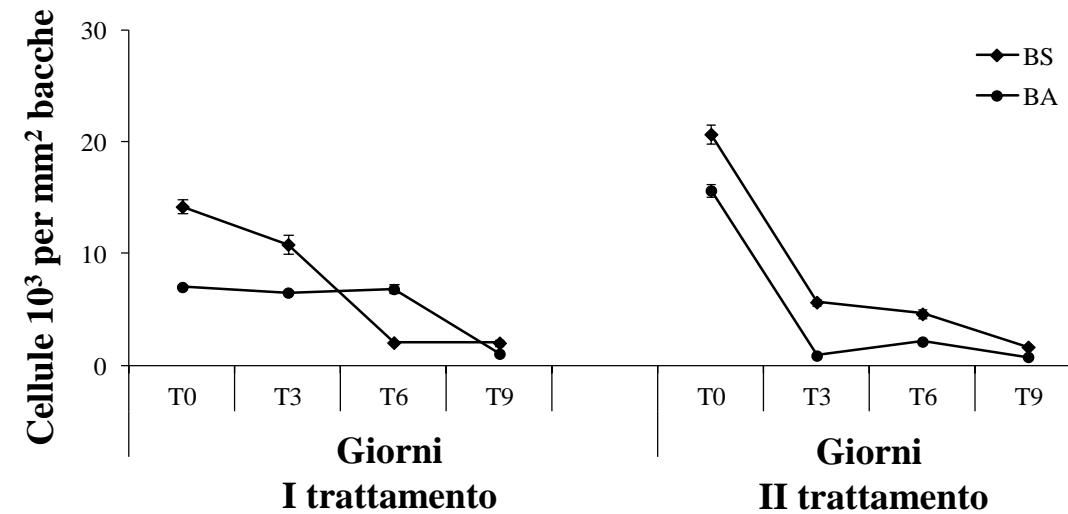
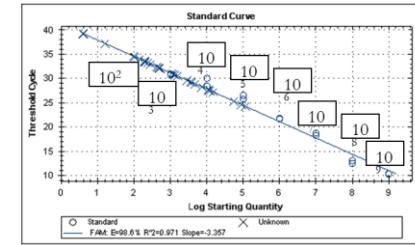
0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

↑ 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

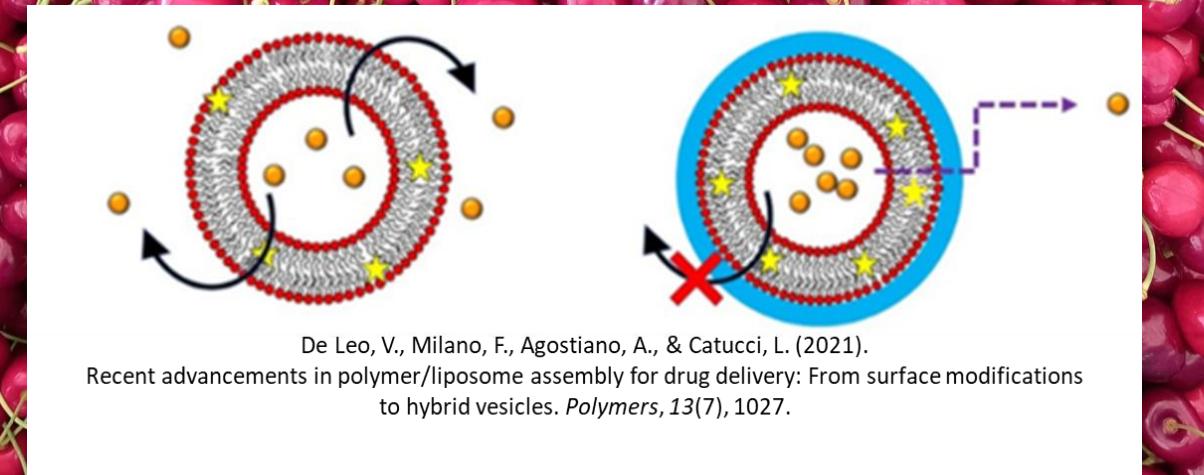


Lotta microbiologica

- 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

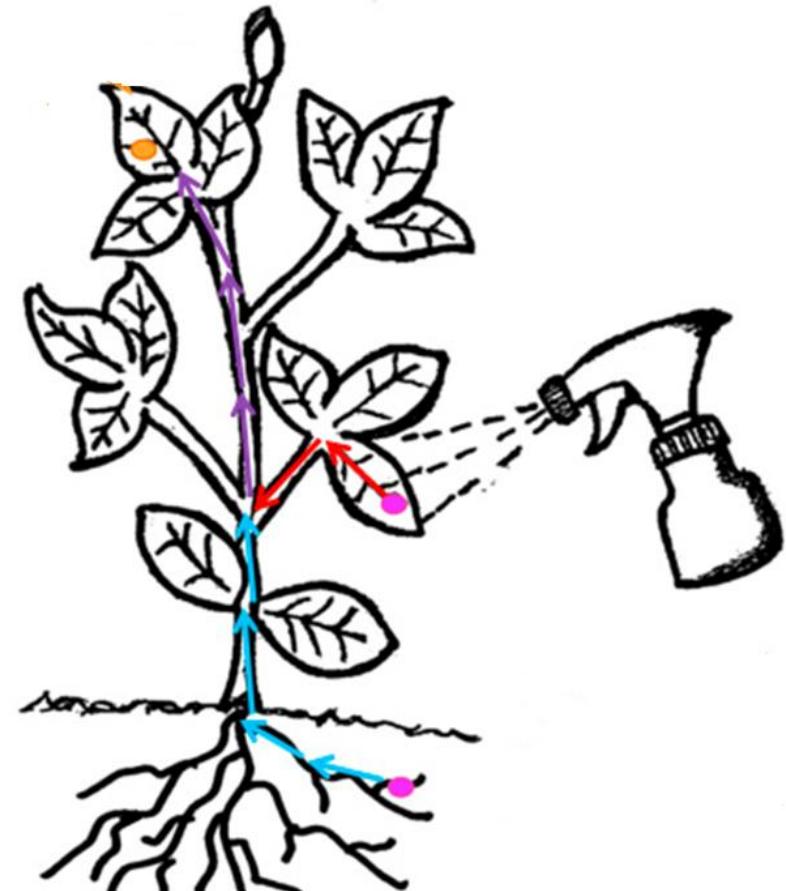
Elicitori o attivatori delle difese naturali della pianta che conferiscono migliorata resistenza a patogeni e altre cause di stress biotico e abiotico

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>

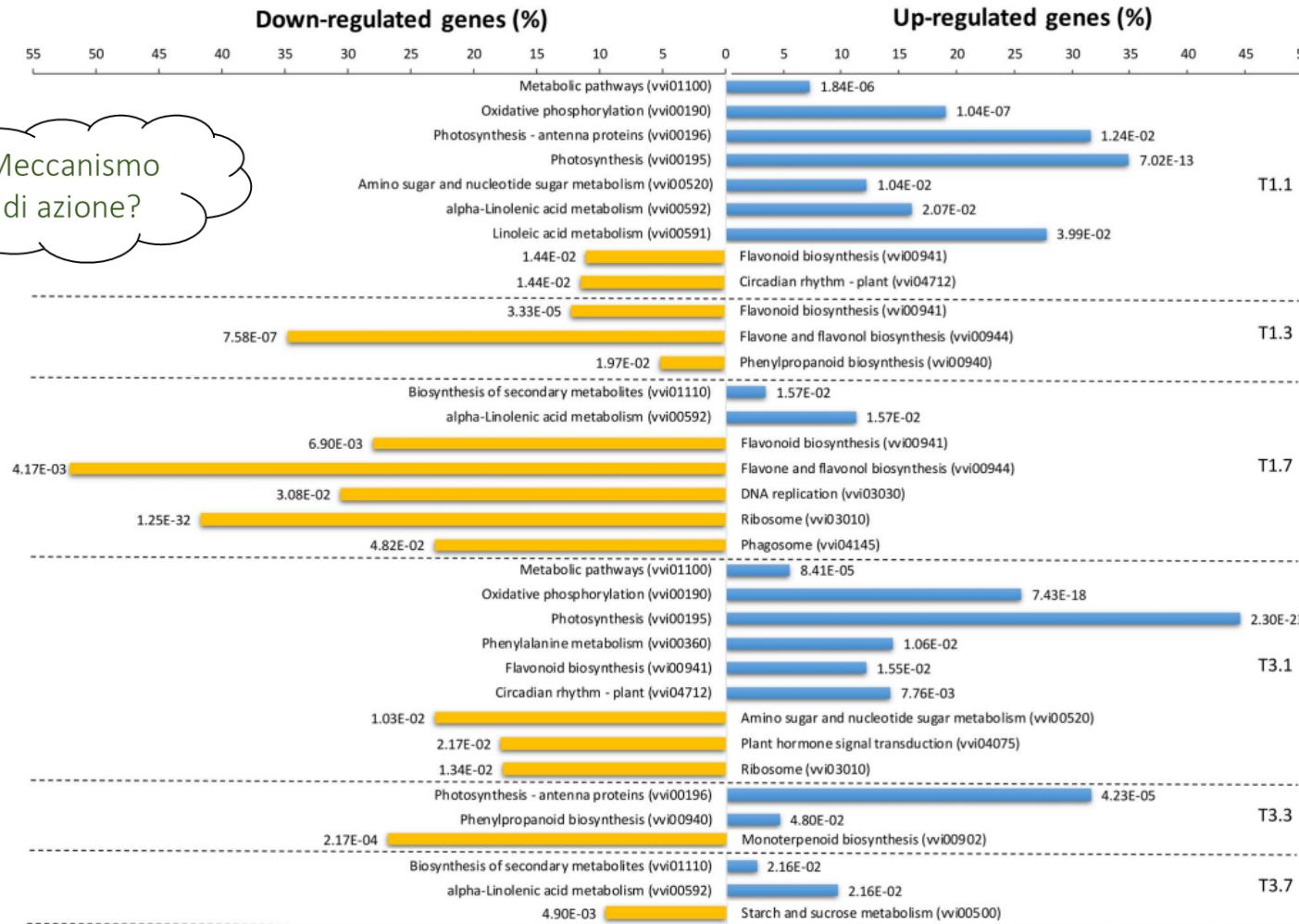
Studi sulla induzione di resistenza

Non trattato



Plasmopara viticola

Meccanismo
di azione?



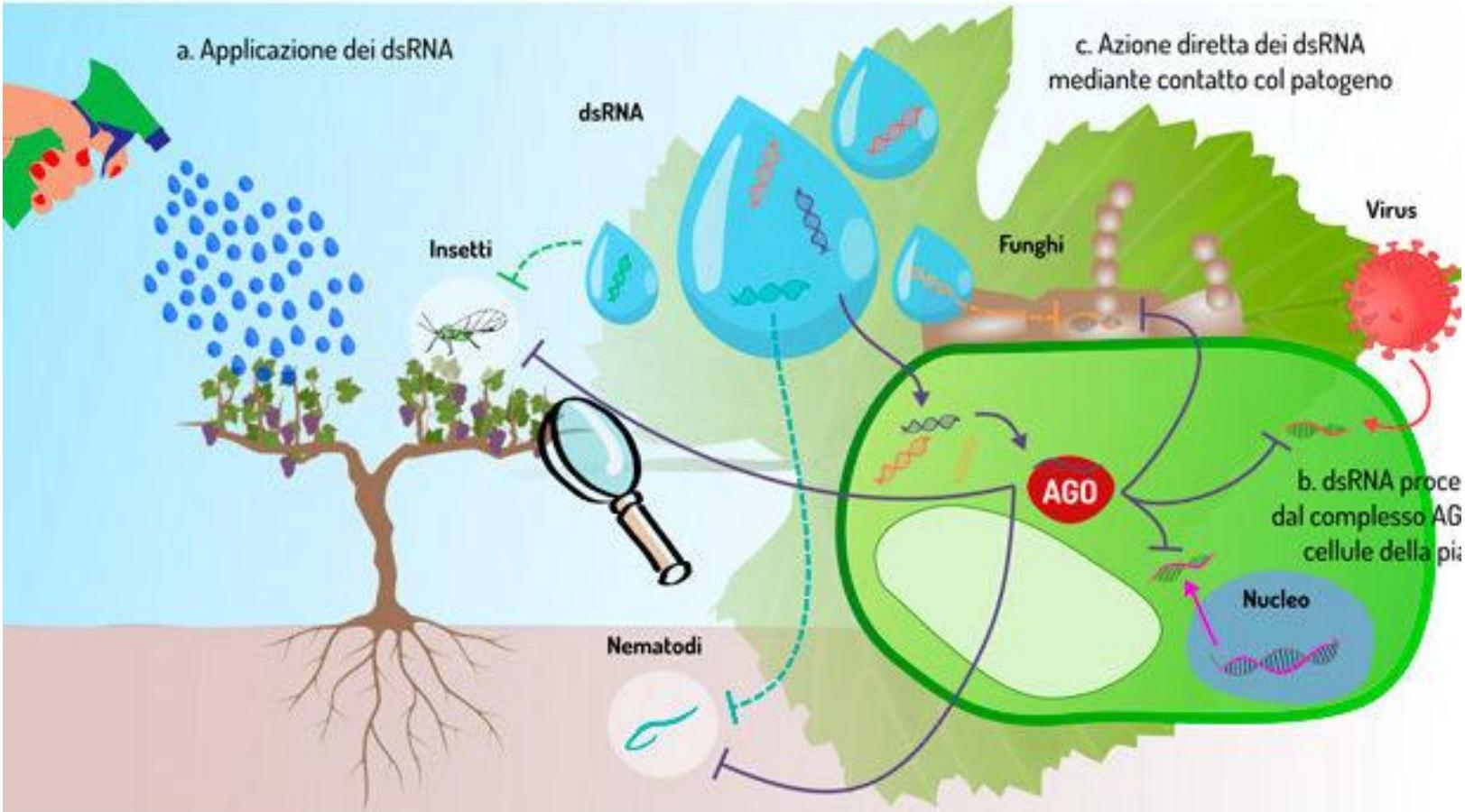
Induzione di resistenza nelle piante

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

Plant Biotechnol J, 2021. <https://doi.org/10.1111/pbi.13605>



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

Rita Milvia De Miccolis Angelini ♀

+39 3391889510 ☎

ritamilvia.demiccolisangelini@uniba.it ✉

www.arptra.com 🌐

