

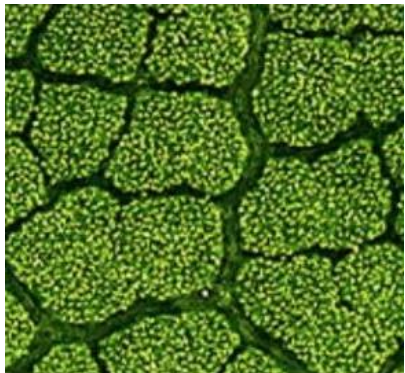


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI BARI  
ALDO MORO



# Come lavorano e cosa producono nella pianta gli induttori di resistenza

Rita Milvia De Miccolis Angelini, Caterina Rotolo, Donato Gerin, Crescenza Dongiovanni, Stefania Pollastro, Francesco Faretra  
Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, sezione di Patologia Vegetale  
Università degli Studi di Bari ALDO MORO



- ✓ Le piante sono fondamentali per la vita sulla Terra
- ✓ Sino al 40% di perdite nella produzione sono causate ogni anno da patogeni e parassiti
- ✓ I cambiamenti climatici e le attività umane hanno alterato gli ecosistemi, riducendo la biodiversità e creando condizioni favorevoli ai patogeni
- ✓ La globalizzazione con la movimentazione di merci e persone porta ad una rapida diffusione di patogeni nel mondo
- ✓ Rischio di emergenze fitosanitarie
- ✓ Protezione integrata delle colture (Integrated Pest Management, IPM) che combina differenti strumenti e strategie di gestione delle malattie per assicurare sanità per le piante minimizzando i rischi associati

PARLAMENTO EUROPEO  
DIRETTIVA 2009/128/CE

USO SOSTENIBILE DEGLI  
AGROFARMACI

- RIDUZIONE DEL  
RISCHIO:  
SALUTE E AMBIENTE  
- PROTEZIONE  
INTEGRATA (IPM)

STRATEGIA EUROPEA  
'FARM TO FORK'  
GREEN DEAL



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

Far fronte ai cambiamenti  
climatici

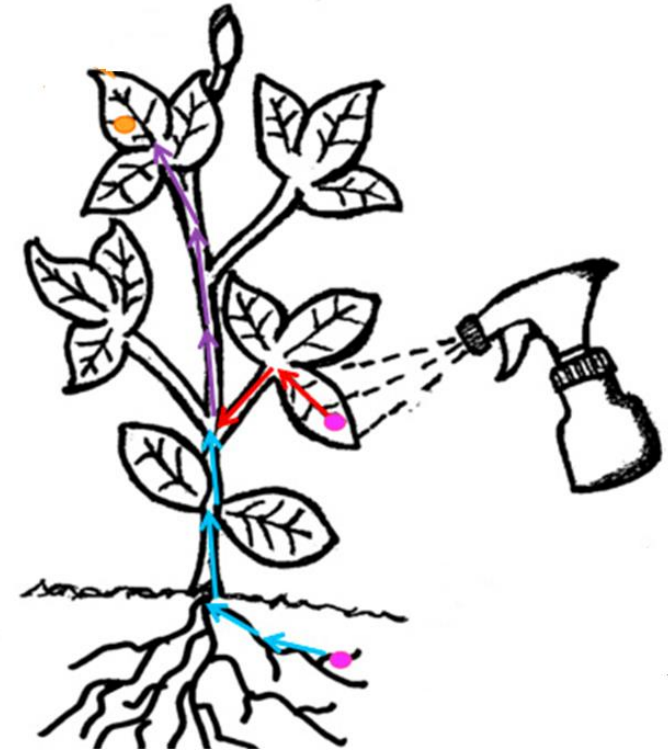
Proteggere l'ambiente e preservare la  
biodiversità

Garantire un giusto compenso  
economico  
nella catena alimentare

Potenziare l'agricoltura biologica

# 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>

# Fattori che possono influenzare l'efficacia della resistenza indotta in campo

- ❖ 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

Le strategie basate sull'impiego di induttori di resistenza devono essere validate e ottimizzate nella pratica agricola

# Resistenza indotta

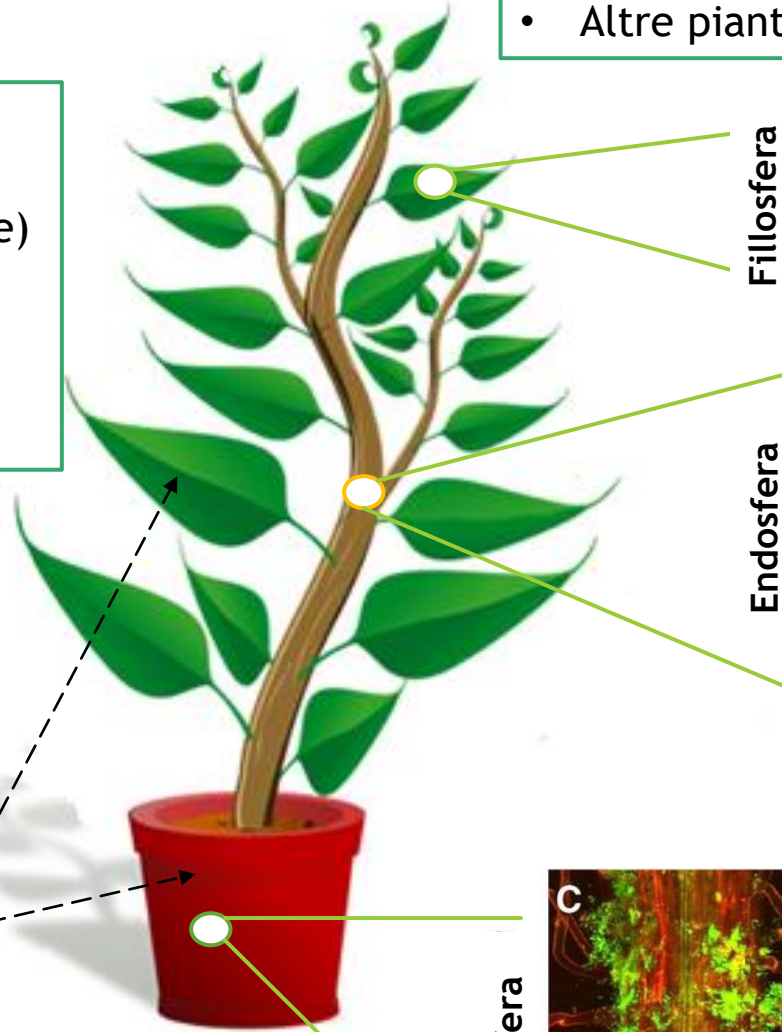
## Stress biotici

- Patogeni
- Insetti
- Altre piante/competizione

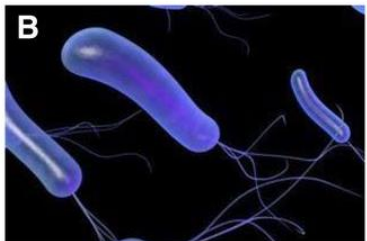
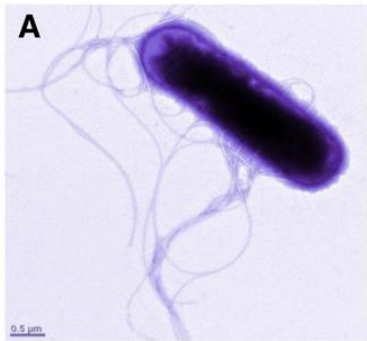
## Stress abiotici

Ambientali, non biologici

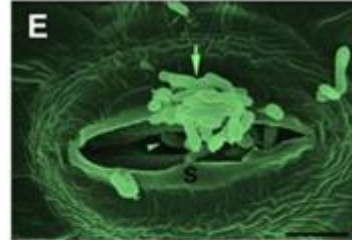
- Temperature (elevate/basse)
- Acqua (eccesso/carenza)
- Salinità
- Radiazioni
- Contaminanti chimici



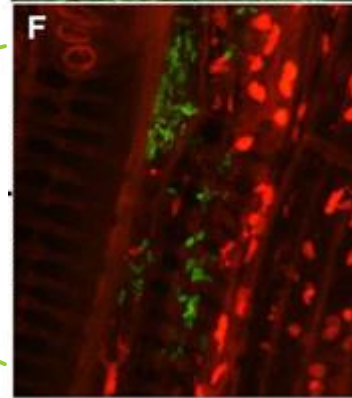
Microrganismi benefici



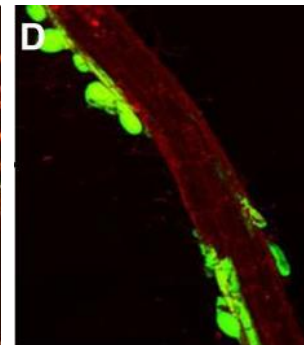
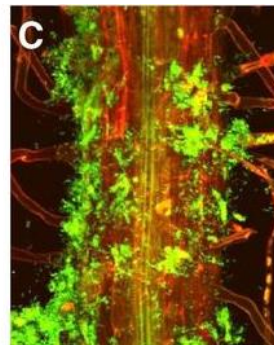
Fillosfera



Endosfera



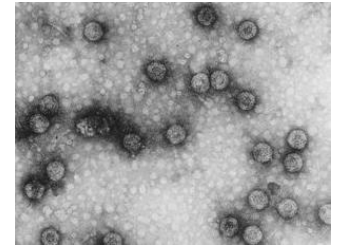
Rizosfera



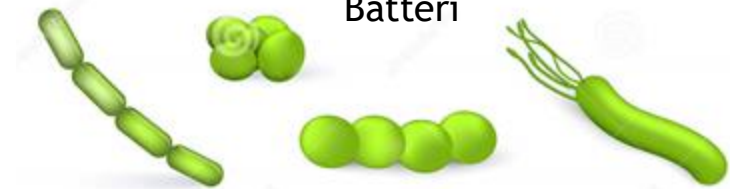
Funghi



Virus



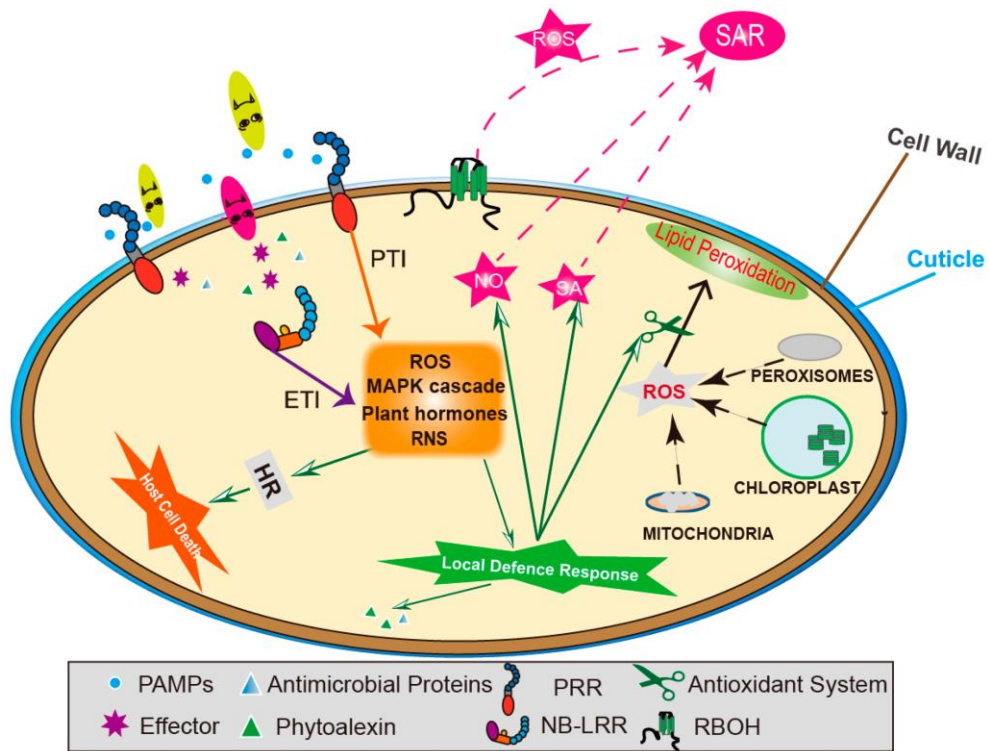
Batteri



Nematodi

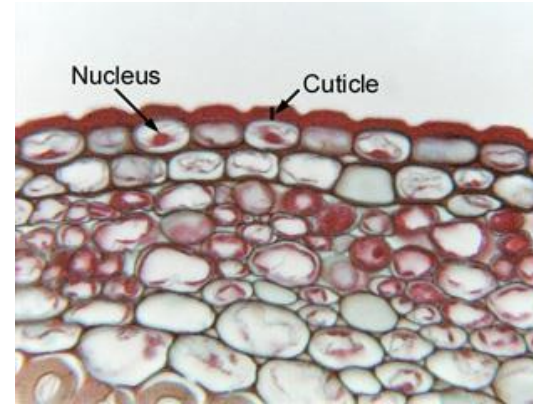


# Meccanismi di difesa delle piante

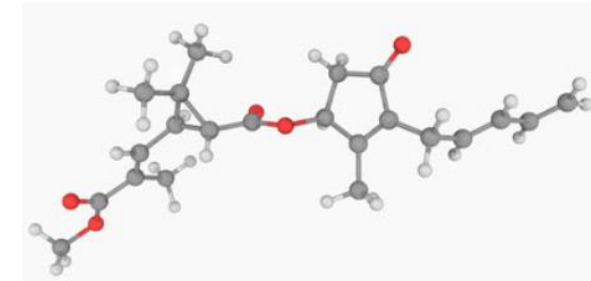


Sun et al. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21020572>

Barriere preformate passive  
strutturali (es. cuticola)



o chimiche/biochimiche  
(es. piretrine, saponine)



Difese post-infezionali attive

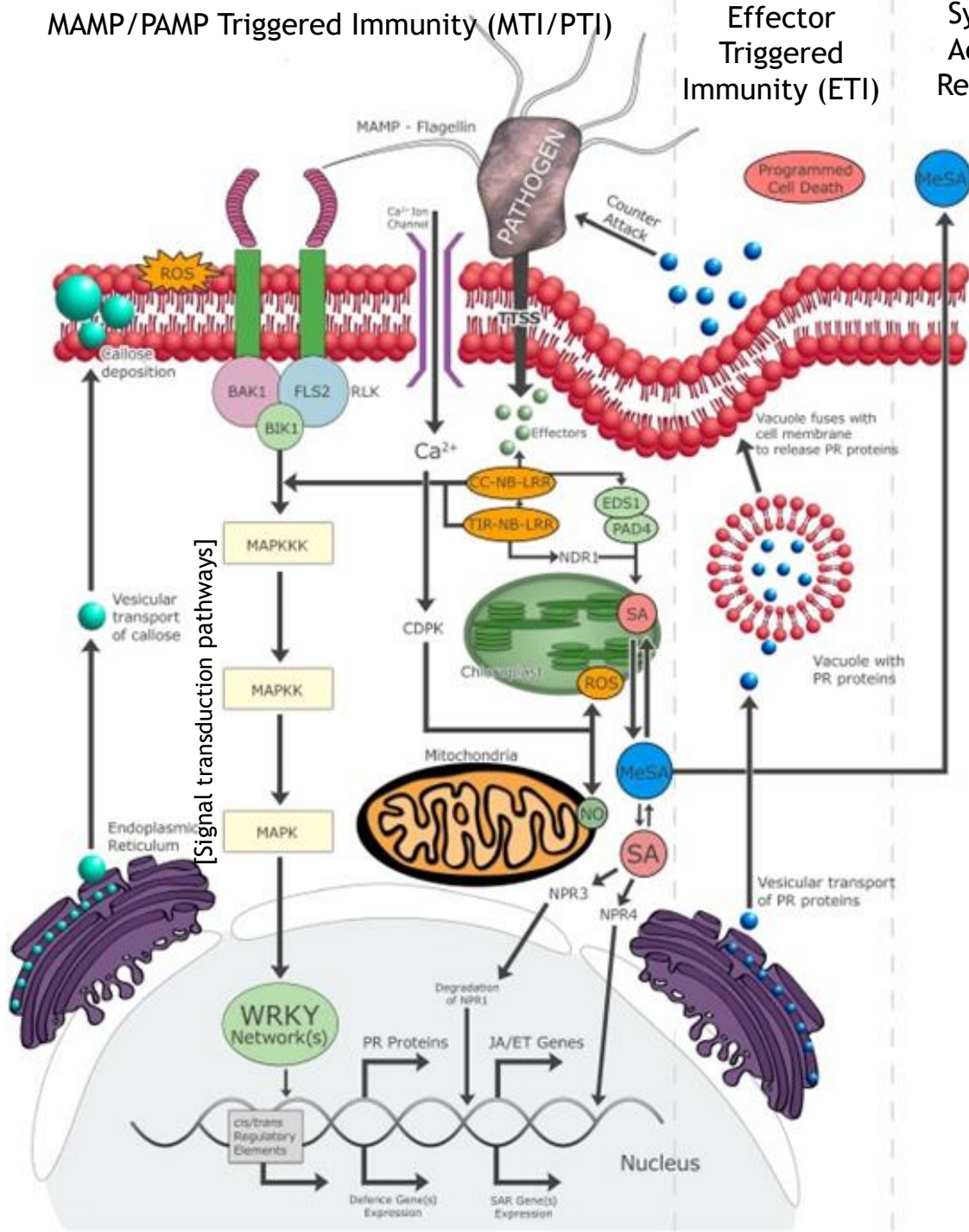


**RESISTENZA INDOTTA**

## MAMP/PAMP Triggered Immunity (MTI/PTI)

## Effector Triggered Immunity (ETI)

## Systemic Acquired Resistance (SAR)



## 'Sistema immune' delle piante

### Elicitori:

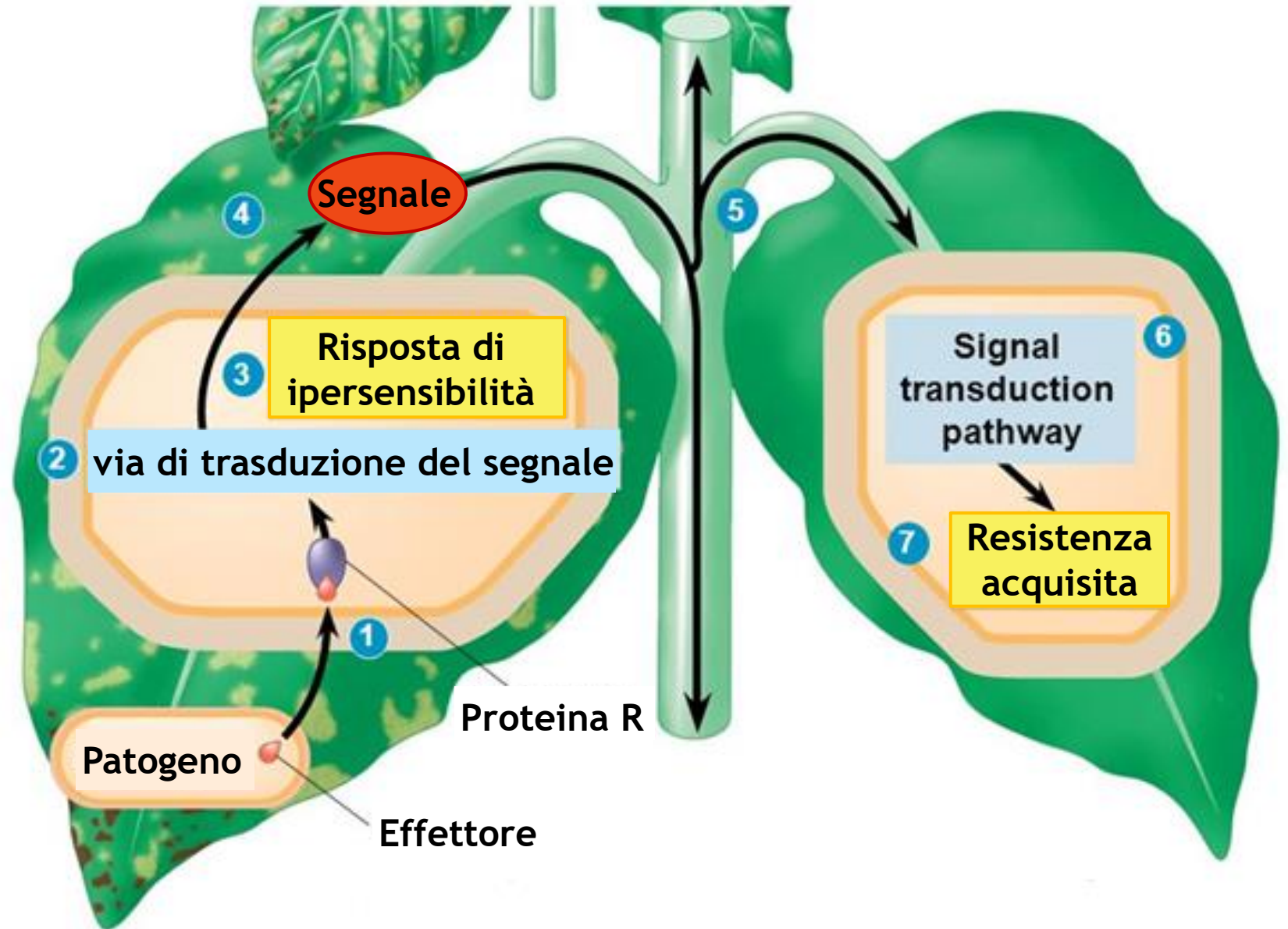
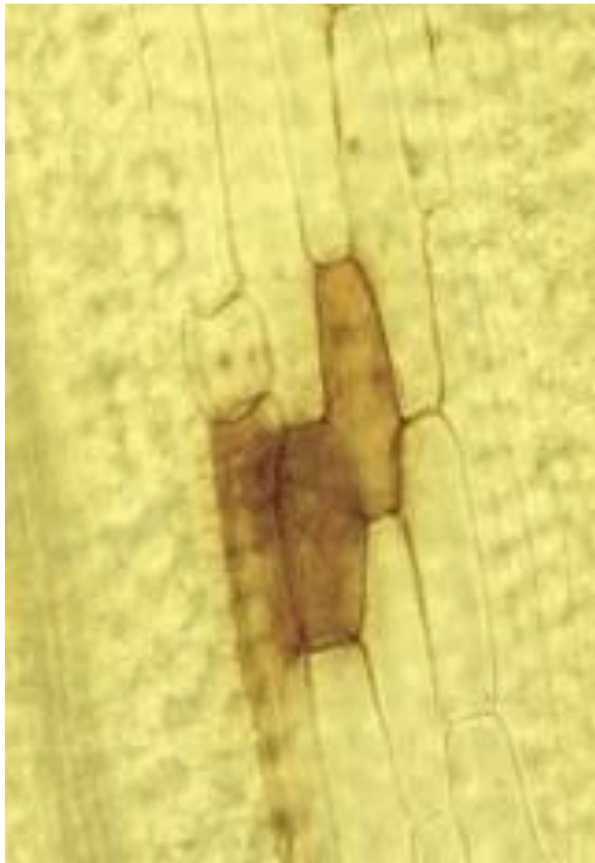
- MAMPs (Microbe-Associated Molecular Patterns)
- PAMPs (Pathogen-Associated Molecular Patterns)
- DAMPs (Damage-Associated Molecular Patterns)
- Sostanze chimiche naturali o di sintesi



# Attivazione dei meccanismi di difesa

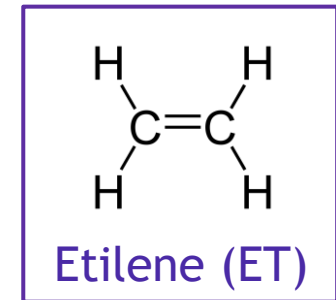
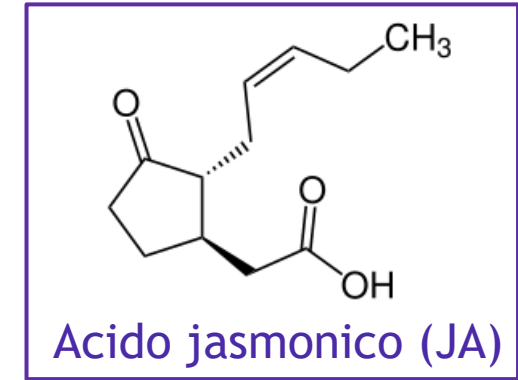
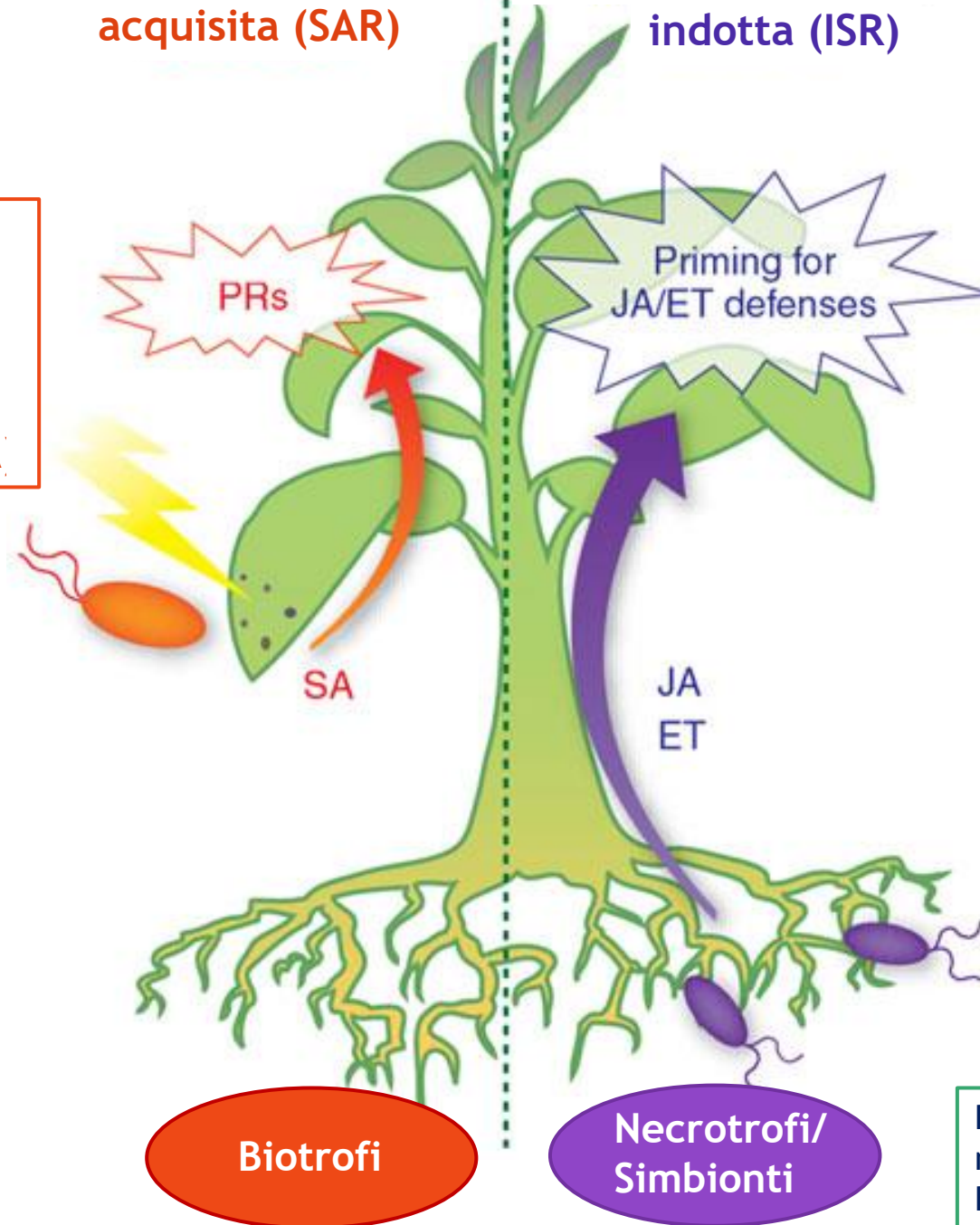
- ❑ Il riconoscimento degli elicitori attiva sistemi di **trasduzione del segnale** (protein-chinasi, MAPK) che innescano le risposte di difesa della pianta a livello locale e/o sistemico
- ❑ **Flussi ionici** dovuti alla depolarizzazione del plasmalemma (ioni  $\text{Ca}^{2+}$ )
- ❑ Produzione di **specie reattive dell'ossigeno (ROS)** e di ossido nitrico (NO)
- ❑ Modificazioni strutturali e chimici della **parete cellulare** (deposito callosio, lignificazione)
- ❑ Modulazione dell'espressione di geni di difesa (PR, pathogenesis-related) che includono **enzimi litici** ( $\beta$ -1,3-glucanasi e chitinasi), **perossidasi**, **superossido dismutasi**, **catalasi**, **inibitori di proteine**, **proteine di trasporto dei lipidi (LTP)**
- ❑ Produzione di metaboliti ad attività antimicrobica (**fitoalessine**, es. resveratrolo)
- ❑ Produzione di **fitormoni**: acido salicilico (SA), acido jasmonico (JA) ed etilene (ET)

# Reazione di ipersensibilità



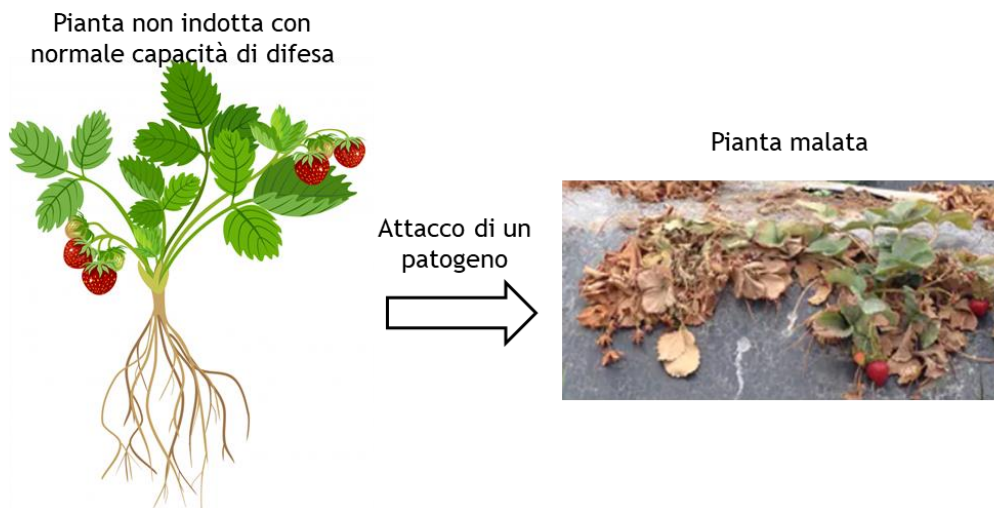
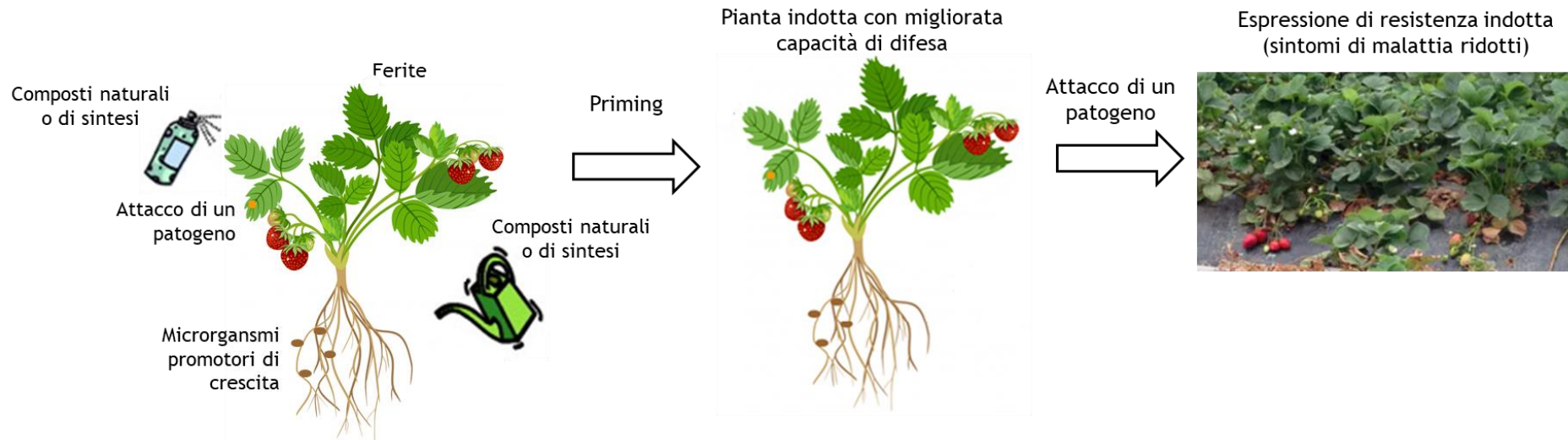
**Resistenza sistemica  
acquisita (SAR)**

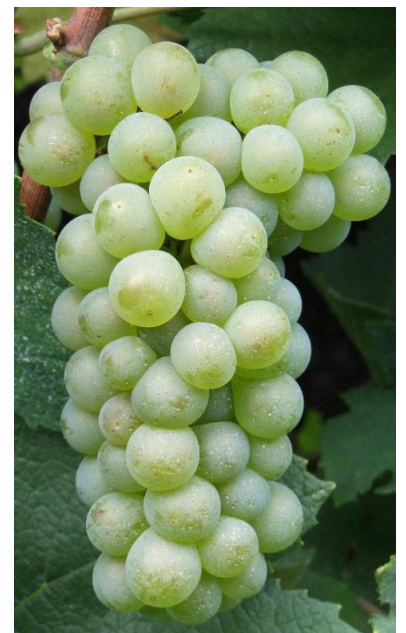
**Resistenza sistemica  
indotta (ISR)**



Pieterse et al. 2009. Networking by small-molecule hormones in plant immunity. Nat Chem Biol. 2009 May;5(5):308-16

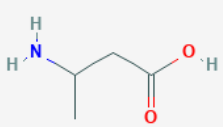
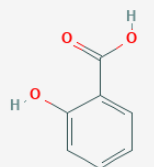
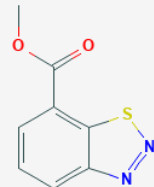
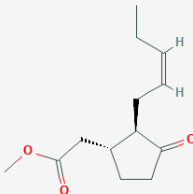
# Priming






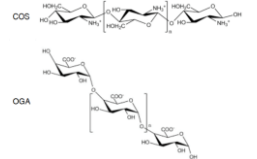

Induttori di resistenza su vite  
alcuni esempi

# Sostanze chimiche di sintesi

	Induttore	Resistenza	Note	Prodotti in commercio	Letteratura
	<b>Acido β-amminobutirrico (BABA)</b>	Peronospora	Riduce la sporulazione	-	Cohen et al. (1999), Reuveni et al. (2001), Hamiduzzaman et al. (2005), Dubreuil-Maurizi et al. (2010)
	<b>Acido salicilico</b>	Peronospora	Riduce l'incidenza della malattia; fitotossico ad elevate concentrazioni (>2mM)	-	Kast (2000), Elmer e Reglinski (2006), Tamm et al. (2011)
	<b>Acibenzolar-S-methyl o benzothiadiazole (BTH)</b>	Tumore batterico	Riduce la gravità della malattia	Bion®	Biondi et al. (2009)
		Legno nero (fitoplasmosi)	Migliora il 'recovery'		Romanazzi et al. (2013)
	<b>Jasmonati</b>	Oidio	Migliora la tolleranza alla malattia; migliora la qualità di uve e vini	-	Belhadj et al. (2006)



# Sostanze naturali

Induttore	Resistenza	Note	Prodotti in commercio	Letteratura
<b>Chitosani</b> 	Muffa grigia Peronospora Oidio	Possibilità di utilizzare differenti molecole/oligomeri; specifici recettori cellulari	Armour-Zen <sup>®</sup> , Chitogel <sup>®</sup> , Elexa <sup>®</sup> , Chito Plant <sup>®</sup> , Kendal-COPS <sup>®</sup>	Ait Barka et al. (2004), Aziz et al. (2006), Romanazzi et al. (2012, 2014), Feliziani et al. (2013), Dagostin et al. (2011), Iriti et al. (2011), van Aubel et al. (2014)
<b>COS-OGA</b> 	Oidio	Chitooligosaccaridi (COS, chitina e chitosano) e oligogalatturonidi (OGA)	<u>Ibisco</u> <sup>®</sup>	van Aubel et al. (2014, 2016)
<b>Laminarina</b> 	Oidio Peronospora Muffa grigia	Riduce il diametro delle lesioni; effetto sulla chiusura stomatica; derivato solfato (PS3) migliora la risposta	<u>Vacciplant</u> <sup>®</sup> <u>Frontiere</u> <sup>®</sup>	Biondi et al. (2009), Aziz et al. (2003), Trouvelot et al. (2008), Allègre et al. (2009), Romanazzi et al. (2014)
<b>Idrolizzati proteici</b>	Peronospora Muffa grigia Oidio	Biostimolanti e induttori di resistenza; possono modificare le popolazioni microbiche della fillosfera	-	Cappelletti et al. (2016), Lachhab et al. (2014, 2016), Nesler et al. (2015)

# Estratti di piante, alghe, microrganismi

Estratto/derivato	Resistenza	Note	Prodotti in commercio	Letteratura
<i>Reynoutria sachalinensis</i> (Poligonacea, giant knotweed)	Oidio Muffa grigia	Riduce la severità della malattia; Induttori di resistenza nel FRAC con codice P5 (estratti di piante)	Milsana® Sakalia®	Elmer and Reglinski (2006), Konstantinidou-Doltsinis et al. (2007), Ortugno et al. (2014)
<i>Solidago canadensis</i> (Asteracea)	Peronospora	Elevati livelli di protezione in viti allevate in vaso	-	Harm et al. (2011)
<i>Ascophyllum nodosum</i> (estratto di alghe)	Peronospora Mal dell'esca	Induttore di resistenza su foglie di viti in vaso	Marvita®	Lizzi et al. (1998), Di Marco (2010)
Estratti di alghe + AlCl <sub>3</sub>	Muffa grigia	Migliora il contenuto di resveratrolo nelle foglie e l'efficacia di fungicidi	Synermix®	Jeandet et al. (2000)
<i>Penicillium chysogenum</i> (estratto microbico)	Peronospora Oidio	Induttore di resistenza, risultati variabili, può dare fitotossicità	-	Thuerig et al. (2006), Harm et al. (2011)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Cerevisiane)	Muffa grigia Peronospora Oidio	Induttore delle risposte di difesa in piante di vite	Romeo®	Pujos et al. (2014), De Miccolis Angelini et al. (2019)



## Effetti dell'applicazione di induttori di resistenza sulla qualità di uva e vini

Treatment	Matrix	Effect	Reference
Chitosan	Grape	Decreased free amino acid contents	Garde-Cerdán <i>et al.</i> <sup>22</sup>
	Grape	Decreased free and total amino acid contents	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>45</sup>
	Grape/wine	Did not have a substantial effect on phenolic composition	Portu <i>et al.</i> <sup>46</sup>
	Wine	Increased total acetals and alcohols with respect to fungicides with overall acceptance	Vitalini <i>et al.</i> <sup>47</sup>
Laminarin Methyl jasmonate	Grape	Decreased free amino acid contents	Garde-Cerdán <i>et al.</i> <sup>22</sup>
	Grape	Increased His, Ser, Trp, Phe, Tyr, Asn, Met and Lys contents	Garde-Cerdán <i>et al.</i> <sup>48</sup>
	Grape	Slightly affected amino acid contents, increased Met content	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>45</sup>
	Grape	Improved free and total anthocyanin contents	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
	Grape	Improved anthocyanin, flavonol and hydroxycinnamic acid contents	Portu <i>et al.</i> <sup>39</sup>
	Grape/wine	Increased anthocyanin content	Portu <i>et al.</i> <sup>46</sup>
	Grape	Increased stilbene content with inter-annual and inter-varietal differences	Gil-Muñoz <i>et al.</i> <sup>48</sup>
	Wine	Variety dependence of phenolic content	Gil-Muñoz <i>et al.</i> <sup>50</sup>
	Grape/wine	Increased anthocyanin and stilbene contents	Portu <i>et al.</i> <sup>51</sup>
	Grape	Increased phenolics and seed and skin tannins in response to clone use	Ruiz-García <i>et al.</i> <sup>52</sup>
	Grape	Increased concentrations of some terpenes and C <sub>13</sub> -norisoprenoids	Gómez-Plaza <i>et al.</i> <sup>53</sup>
	Wine	Improved contents of fermentative volatile compounds	Gómez-Plaza <i>et al.</i> <sup>53</sup>
	Grape	Fatty-acid contents decreased	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
	Grape	1-Hexanol, hexanal and 2-heptanol contents increased significantly	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
	Grape	Decreased individual amino acid contents, with inter-varietal responses	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>54</sup>
	Grape	Effects dependent on vintage in a study over three seasons	Garde-Cerdán <i>et al.</i> <sup>55</sup>
Yeast extracts	Grape	Decreased free and total amino acid contents	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>45</sup>
	Grape/wine	Increased anthocyanin content and grape stilbene concentrations	Portu <i>et al.</i> <sup>46</sup>
	Grape	Increased stilbene contents with inter-annual and inter-varietal differences	Gil-Muñoz <i>et al.</i> <sup>48</sup>
Abscisic acid	Grape	Decreased individual amino-acid contents, with inter-varietal responses	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>54</sup>
	Grape	Improved free and total anthocyanin contents	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
	Grape	Linoleic acid concentration gradually increased	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
Phenylalanine +methyl jasmonate	Grape	1-Hexanol, hexanal and 2-heptanol contents increased significantly	Ju <i>et al.</i> <sup>49</sup>
	Grape	Improved flavonol content	Portu <i>et al.</i> <sup>39</sup>
	Grape	Did not affect amino acid contents compared to control	Gutiérrez-Gamboa <i>et al.</i> <sup>56</sup>
Benzothiadiazole	Wine	Variety dependence in phenolic content	Gil-Muñoz <i>et al.</i> <sup>50</sup>
	Grape	Increased phenolics and seed and skin tannins in response to clone use	Ruiz-García <i>et al.</i> <sup>52</sup>
	Grape	Increased concentrations of some terpenes and C <sub>13</sub> -norisoprenoids	Gómez-Plaza <i>et al.</i> <sup>53</sup>
	Wine	Improved contents of some fermentative volatile compounds	Gómez-Plaza <i>et al.</i> <sup>53</sup>
	Wine	Increased total acetals and esters compared to fungicides	Vitalini <i>et al.</i> <sup>47</sup>
Riboflavin	Grape	Increased contents of several amino acids	González-Santamaría <i>et al.</i> <sup>57</sup>
Benzothiadiazole +methyl jasmonate	Wine	Did not affect higher alcohol and ester concentrations	Ruiz-García <i>et al.</i> <sup>58</sup>
	Wine	Improved terpene contents, with sensory differentiation	Ruiz-García <i>et al.</i> <sup>58</sup>

### Review

Received: 4 May 2018

Revised: 29 August 2018

Accepted article published: 10 September 2018

Published online in Wiley Online Library: 26 October 2018

(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.9353



## A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases

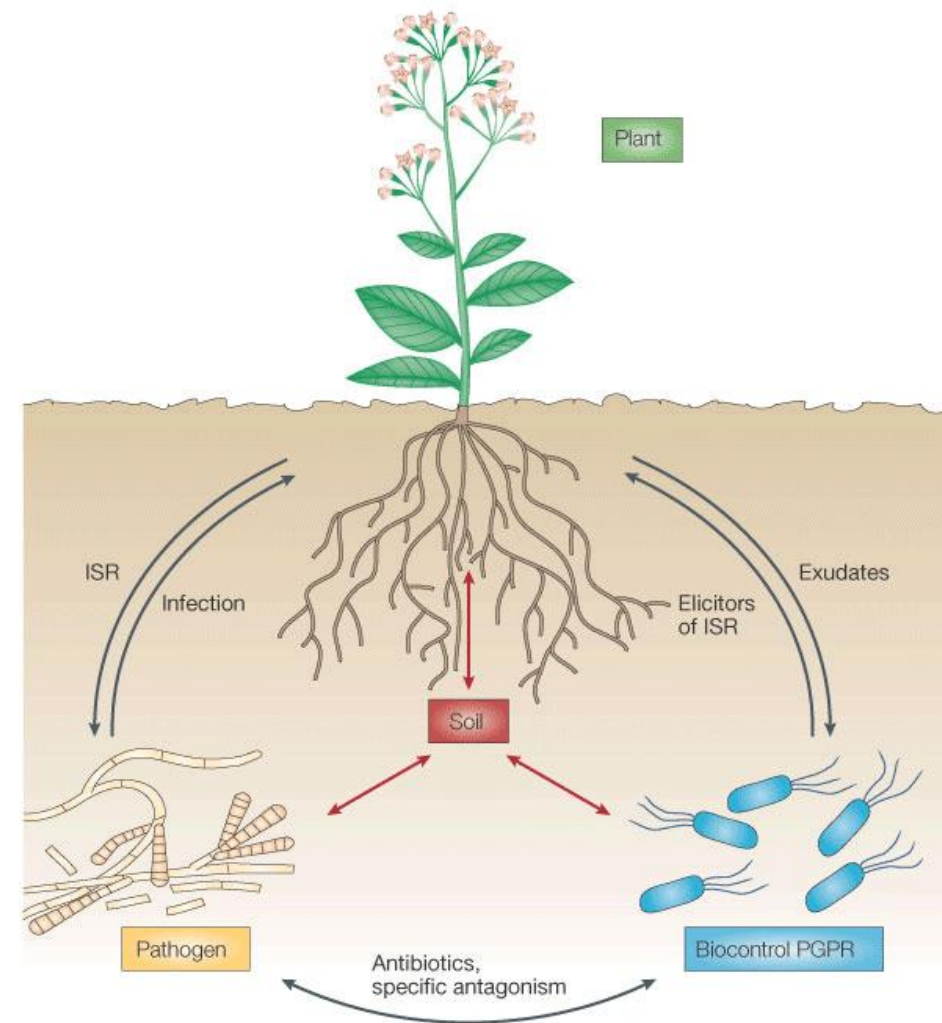
Gastón Gutiérrez-Gamboa,<sup>a</sup> Gianfranco Romanazzi,<sup>b\*</sup>  
Teresa Garde-Cerdán<sup>a</sup> and Eva P Pérez-Álvarez<sup>a\*</sup>



# Induttori di resistenza di origine naturale

## Microrganismi

- ▶ Rizobatteri promotori di crescita, PGPR (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Strptomyces*, *Enterobacter* e *Burkolderia*)
- ▶ Funghi promotori di crescita, PGPF (*Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, e *Heteroconium*)
- ▶ Funghi micorrizici arbuscolari, AMF (*Glomus*, *Funneliformis* e *Rhizophagus*)



Nature Reviews | Microbiology

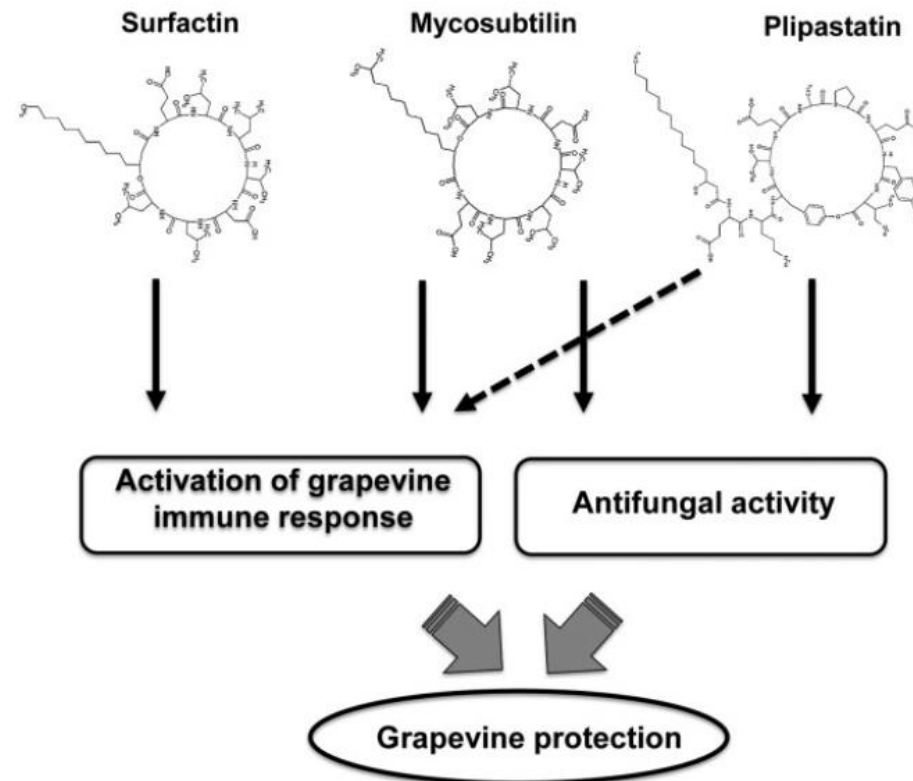
Haas et al. (2005). <https://doi.org/10.1038/nrmicro1129>

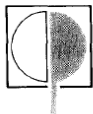
# Ramnolipidi, lipopolisaccaridi e lipopetidi

- ❖ Lipopeptidi prodotti da *Bacillus subtilis* (sufactina, iturina, fengicina)



**Cyclic lipopeptides from *Bacillus subtilis* activate distinct patterns of defence responses in grapevine**





## Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*)

Y. Elad\* and D. Shtienberg

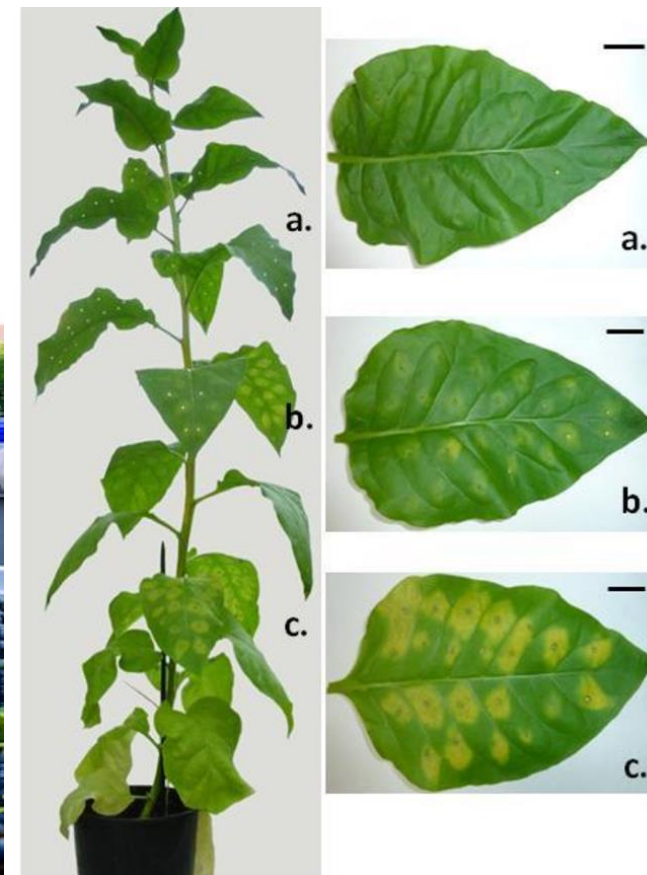
Department of Plant Pathology, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel

Water extracts of fermented mature composts prepared from animal sources (cattle manure and chicken–cattle manure) and a plant source (grape marc) were tested in growth chamber experiments for their ability to control leaf grey mould on tomato and pepper plants and grey mould on grape berries. Disease was reduced by 56–100% by extracts after a fermentation that lasted more than 10 days. In some cases, even a shorter fermentation time was sufficient. Addition of nutrients to the fermenting mass did not generally improve disease control. Pasteurization of the extracts nullified their efficacy in part and only in some cases. Two bacterial strains isolated from the extracts controlled grey mould effectively. Dilution of the extracts (25-fold) resulted in retention of their efficacy only when they were prepared from grape marc compost. In an experiment conducted under commercial greenhouse conditions, extract of cattle manure compost reduced tomato leaf grey mould significantly ( $p < 0.05$ ) compared with the water control, but superior disease suppression was achieved with the fungicide vinclozolin. In another experiment, involving a heavy natural powdery mildew (*Leveillula taurica*) infestation on tomato leaves, partial control of the disease was obtained by all extracts tested.

**Keywords:** biocontrol; *Botrytis cinerea*; fermented compost water extract; fungicide; *Leveillula taurica*

## Grape marc extract acts as elicitor of plant defence responses

Pascale Goupil · Razik Benouaret · Olivia Charrier ·  
Alexandra ter Halle · Claire Richard · Boris Eyheraguibel ·  
Denis Thiery · Gérard Ledoigt

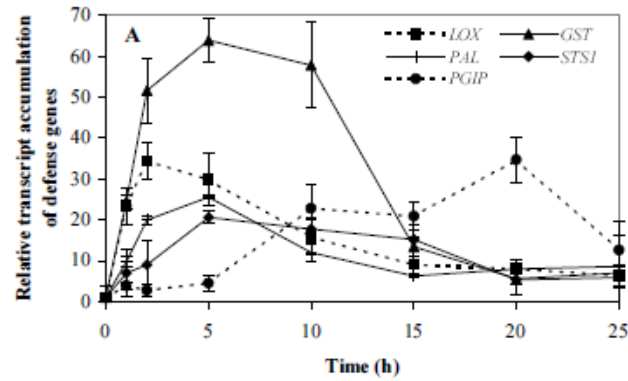


# Compost

Studio degli effetti degli  
induttori di resistenza

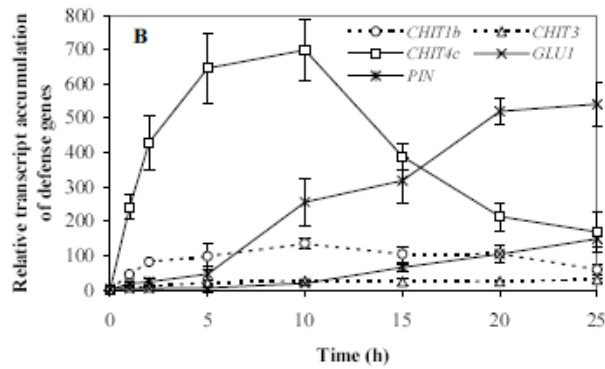
▶ nelle piante

# qPCR per analisi dell'espressione genica



**Table 1.** Sequences of defense gene primers used for real time quantitative polymerase chain reaction<sup>a</sup>

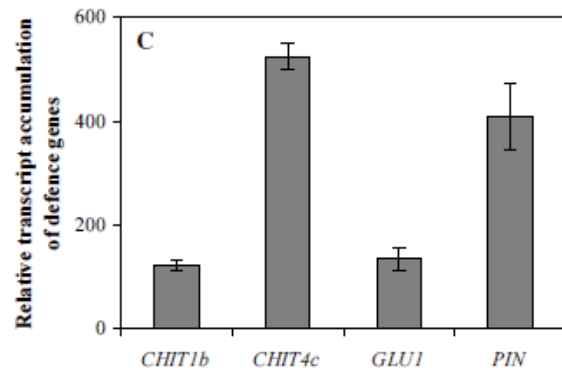
Names	Forward primers	Reverse primers
<i>CHIT3</i>	5'-AGATGGCATAGACTTCGACA-3'	5'-GTACTTTGACCACAGCATCA-3'
<i>CHIT4c</i>	5'-GCAACCGATGTTGACATATCA-3'	5'-CTCACTTGCTAGGGCGACG-3'
<i>CHIT1b</i>	5'-ATGCTGCAGCAAGTTTGGTT-3'	5'-CATCCTCCTGTGATGACATT-3'
<i>GLU1</i>	5'-ATGCTGGGTGTCCCAAACCTCG-3'	5'-CAGCCACTCTCCGACAGCAC-3'
<i>GST</i>	5'-GCATGGGGTAAGAGGTGCATG-3'	5'-GCCTTGTTGTGATGTAATTGG-3'
<i>LOX</i>	5'-CTGGGTGGCTTCTGCTCTC-3'	5'-GATAAGCCCGAGATTCATGC-3'
<i>PAL</i>	5'-TGACCACTTGACTCACAAT-3'	5'-ACTAGGTATGTGGTAGACAT-3'
<i>PIN</i>	5'-AGTTCAGGGAGAGGTTGCTG-3'	5'-GCACTAGGGTCCGTGTTGGGTCGACG-3'
<i>STSI</i>	5'-TACGCCAAGAGATTACT-3'	5'-CTAAAGAGTCCAAAGCATCT-3'
<i>HSR</i>	5'-GGACTACCGACATGCACCTG-3'	5'-GGTCATCACAAGCCTCTTGC-3'
<i>PGIP</i>	5'-CCTAGACAATCCCTACATTC-3'	5'-GACATTGGGGTCGAATCCTC-3'



MPMI Vol. 16, No. 12, 2003, pp. 1118–1128. Publication no. M-2003-0915-01R. © 2003 The American Phytopathological Society

## Laminarin Elicits Defense Responses in Grapevine and Induces Protection Against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*

Aziz Aziz,<sup>1</sup> Benoît Poinssot,<sup>2</sup> Xavier Daire,<sup>2</sup> Marielle Adrian<sup>2,3</sup>, Annie Bézier,<sup>1</sup> B. Lambert,<sup>1</sup> Jean-Marie Joubert,<sup>4</sup> and Alain Pugin<sup>2</sup>



# Profili di espressione su scala genomica



L'approccio su larga scala dell'espressione genica può essere cruciale per comprendere gli effetti degli elicitori sul metabolismo della pianta ed i meccanismi attivati da specifici induttori di resistenza

## Metodiche:

- Suppression Subtractive Hybridization (SSH)
- Sequenziamento di Expressed Sequence Tags (ESTs)
- Serial Analysis of Gene Expression (SAGE)
- Microarrays
- **RNA-Sequencing (RNA-Seq)**

## Global transcriptome analysis and differentially expressed genes in grapevine after application of the yeast-derived defense inducer cerevisane

Rita M De Miccolis Angelini,<sup>\*</sup> Caterina Rotolo,<sup>†</sup> Donato Gerin,<sup>†</sup> Domenico Abate, Stefania Pollastro<sup>†</sup> and Francesco Faretra<sup>†</sup>



Resistenza  
indotta da  
Cerevisane<sup>®</sup>  
in vite



# Esperimento RNA-Seq

1.



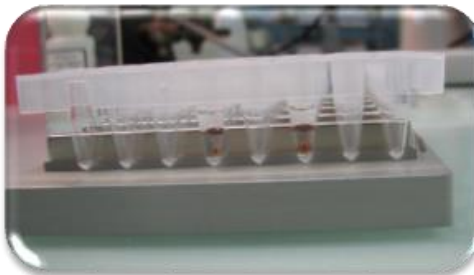
- Raccolta dei campioni:
- A ciascun tempo da piante trattate e non trattate
- N. 5 foglie/frutti per pianta

2.



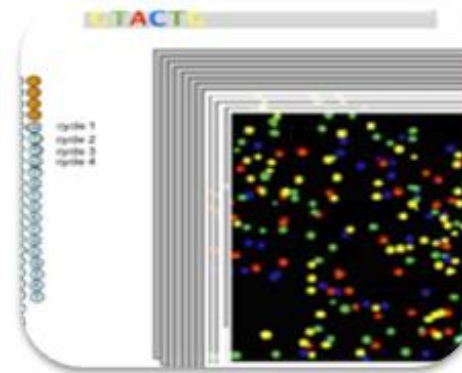
- Estrazione di RNA totale

3.



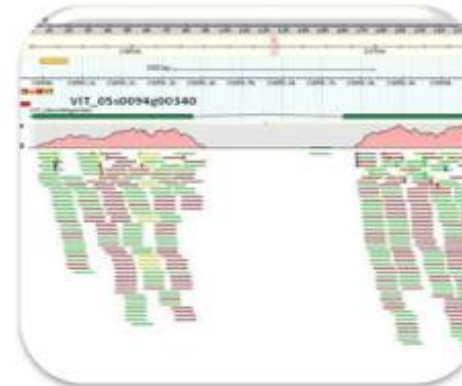
- Preparazione di librerie di cDNA

4.



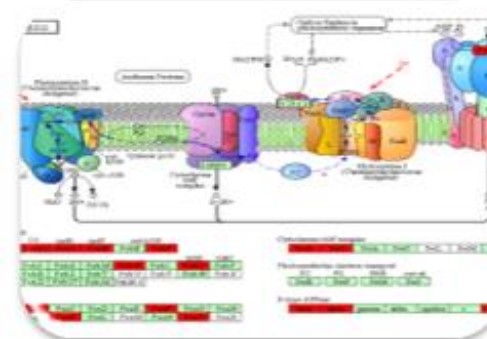
- Sequenziamento NGS (Illumina, Single Reads, 50-150 cicli)
- Analisi bioinformatica dei dati

5.



- Analisi di espressione genica differenziale

6.



- Analisi funzionale

# Metodi: biosaggio di induzione di resistenza



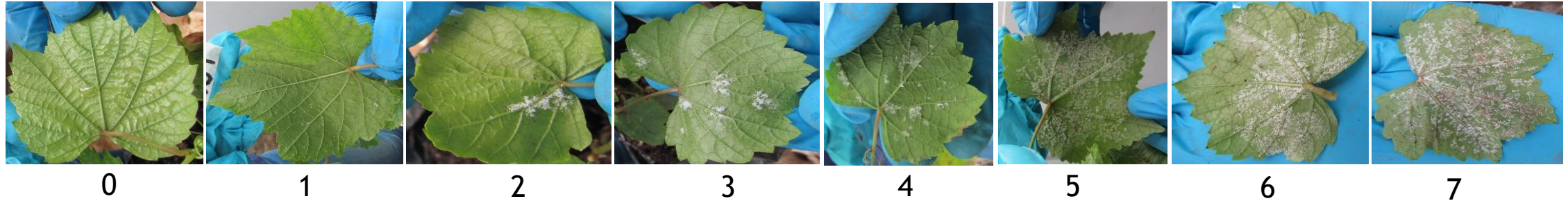
- ❖ Piante di vite (*Vitis vinifera*, cv Italia) allevate in condizioni controllate di serra sono state trattate con **Cerevisane®** o **acqua** (controllo non trattato) [No. 3 trattamenti con intervalli di 7 giorni].
- ❖ **Inoculazioni** con patogeni fungini 24 h dopo il terzo o il secondo trattamento.



- ❖ Campioni di foglie sono state raccolte a 1, 3 e 7 giorni dopo il primo e il terzo trattamento. Per ciascun tempo di campionamento e trattamento, tre campioni di foglie replicate sono state raccolte sia dalle piante trattate che dalle piante controllo.



# *Plasmopara viticola*



Classi di infezione (superficie infetta)

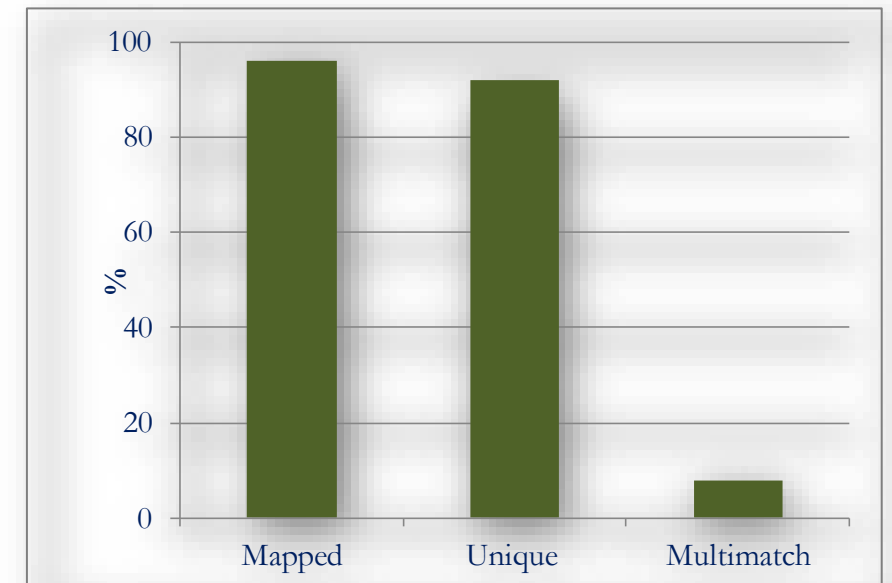
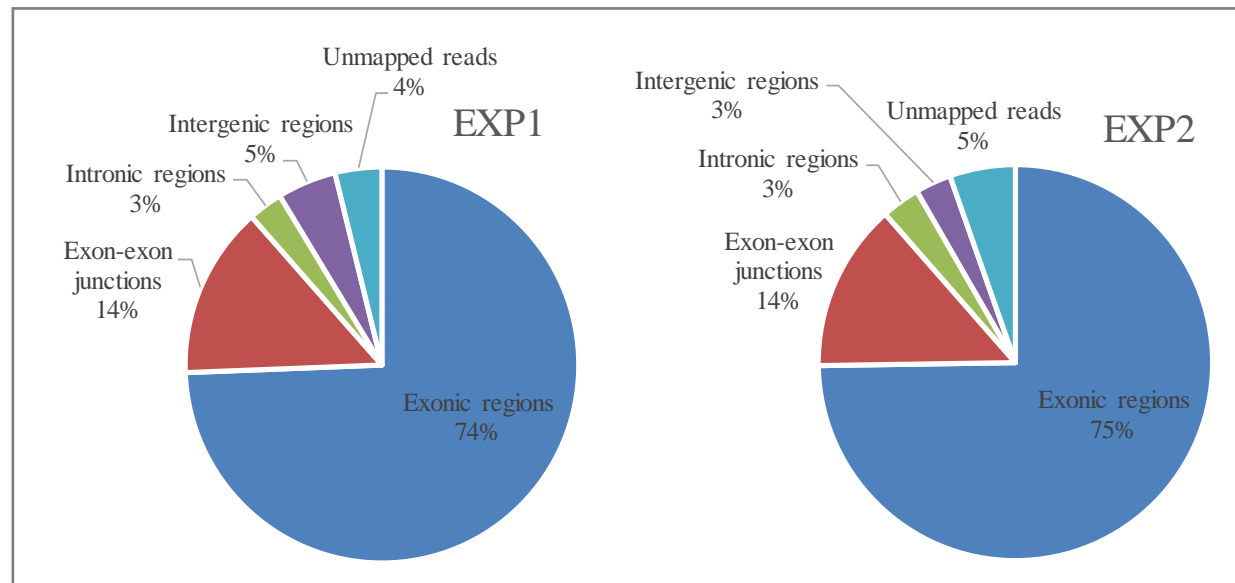
## Diffusione e gravità della malattia

Trattamento	Diffusione(%) 7 DAI	MKI (%) 7 DAI	Diffusione(%) 11 DAI	MKI (%) 11 DAI
Controllo non trattato	<b>23.3 a</b>	<b>10.7 a</b>	<b>38.5 a</b>	<b>14.9 a</b>
Cerevisane	<b>3.7 b</b>	<b>0.8 b</b>	<b>9.4 b</b>	<b>2.6 b</b>

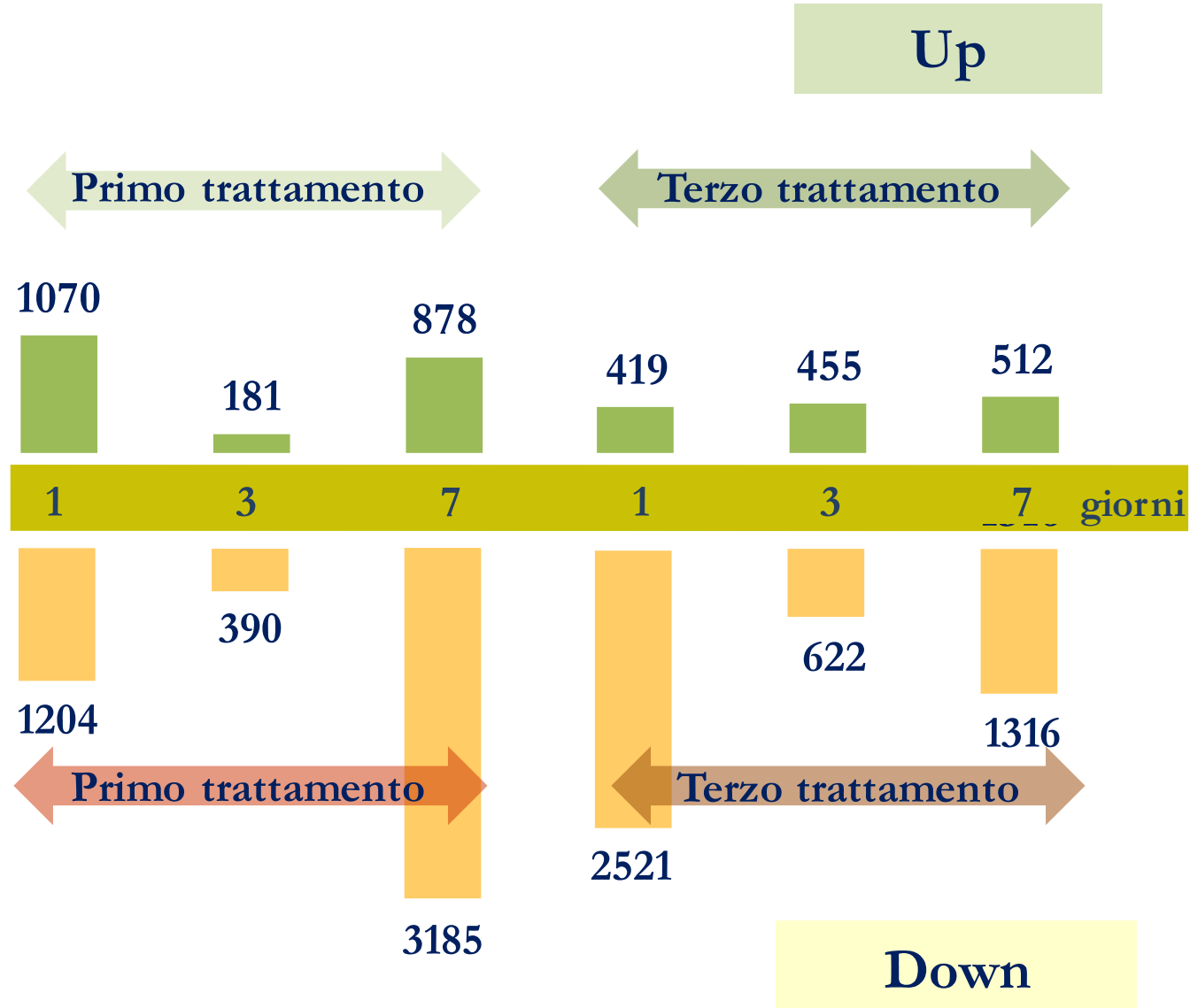
Dati seguiti dalle stesse lettere non sono statisticamente differenti in accordo al test multiplo di Duncan a livelli di probabilità P=0.05

# Risultati: dati RNA-Seq e allineamento su genoma di vite

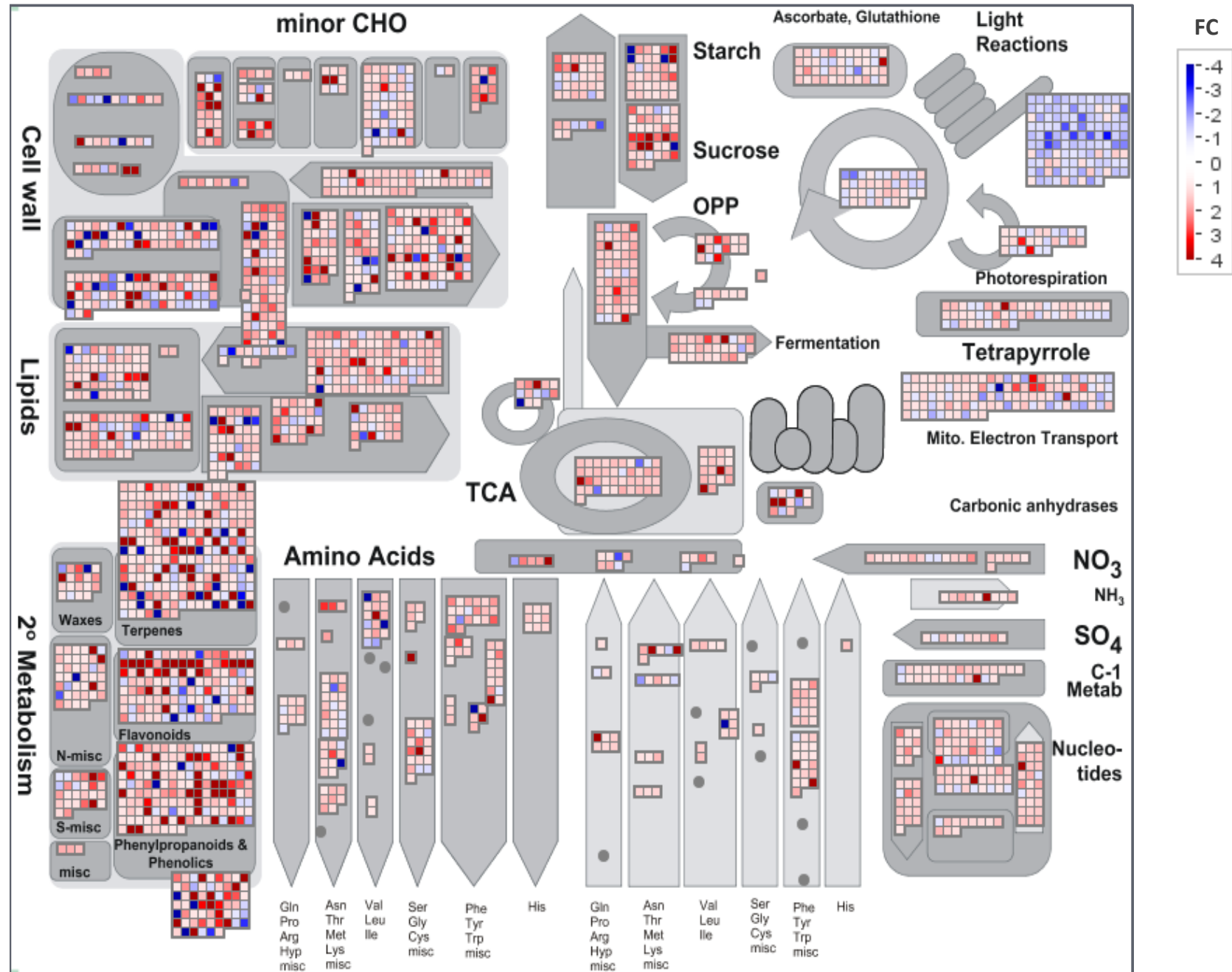
Sequenze totali ( <i>Reads</i> )	344 M ( <b>17.2 Gb</b> )
<i>Reads</i> per campione	27-30 M
Coverage	≥ 12x
Geni	<b>31,845</b>
Trascritti	55,564



# Geni differenzialmente espressi (DEGs) (FC $\geq |2|$ FDR $\leq 0.05$ )

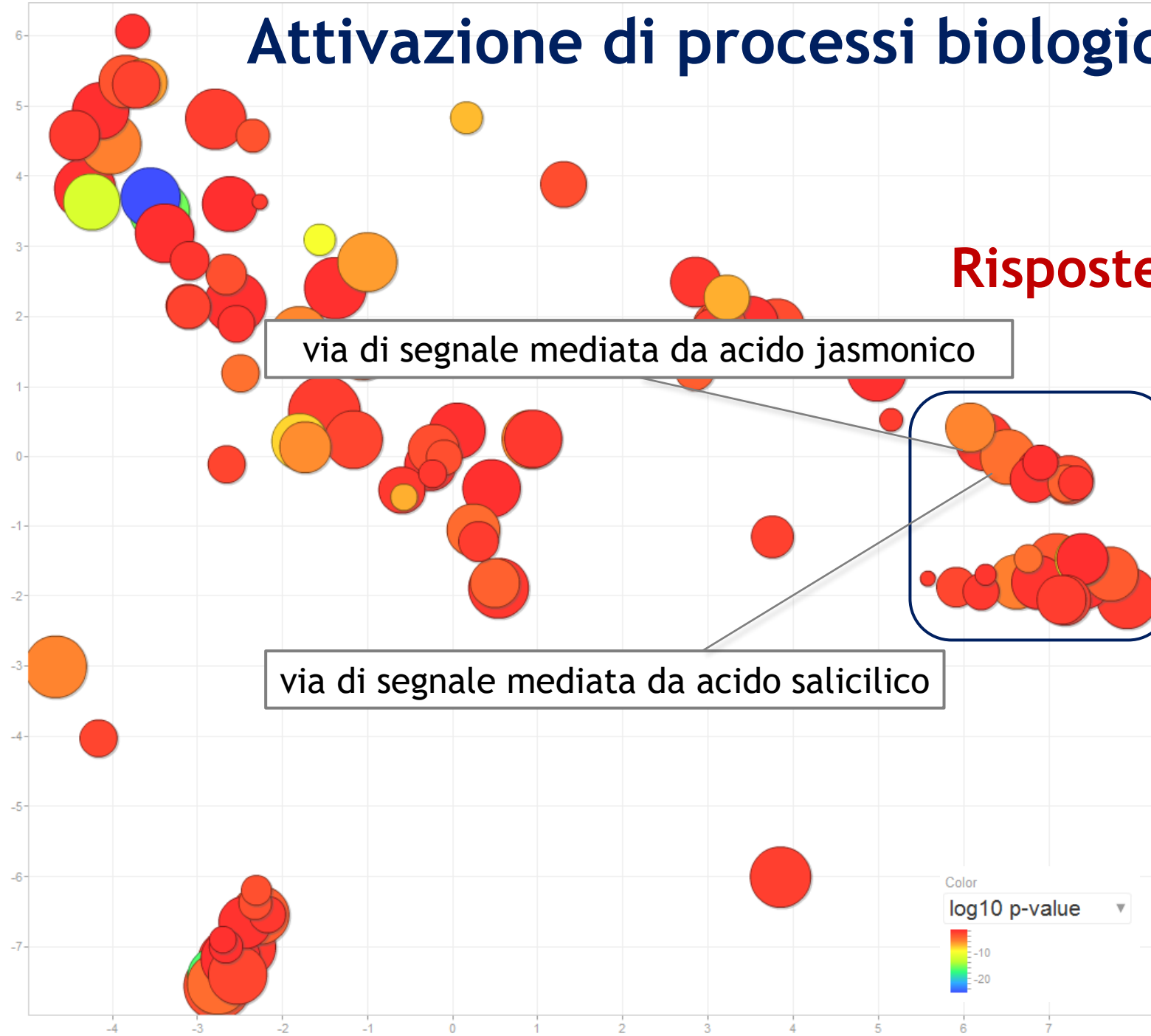


# Mappe dei principali processi metabolici della vite (MapMan)



# Attivazione di processi biologici

Risposte di difesa



Response to biotic and abiotic factors, regulation and signal trasduction

GO-ID	Term	First treatment (days)			Third tratment (days)		
		1	3	7	1	3	7
GO:0080142	regulation of salicylic acid biosynthetic process	6.37E-08					
GO:0010112	regulation of systemic acquired resistance	1.25E-04					
GO:0009862	systemic acquired resistance, salicylic acid mediated signaling pathway	1.60E-03					
GO:0009867	jasmonic acid mediated signaling pathway	1.82E-02					
GO:0050832	defense response to fungus	3.38E-09				3.81E-02	
GO:0042742	defense response to bacterium	4.28E-04					
GO:0002237	response to molecule of bacterial origin	3.03E-04					
GO:0050691	regulation of defense response to virus by host	2.51E-02					
GO:0080027	response to herbivore	2.41E-05					
GO:0009611	response to wounding	1.11E-03					
GO:0001666	response to hypoxia	4.83E-06					
GO:0080040	positive regulation of cellular response to phosphate starvation	1.85E-02					
GO:0031640	killing of cells of other organism	4.07E-02					
GO:0009581	detection of external stimulus	4.45E-02					
GO:0000165	MAPK cascade	1.41E-02					
GO:0000186	activation of MAPKK activity			3.01E-06			
GO:0007178	transmembrane receptor protein serine/threonine kinase signaling pathway			2.59E-05			
GO:0009814	defense response, incompatible interaction			4.35E-02			
GO:0009723	response to ethylene					6.91E-03	
GO:0000302	response to reactive oxygen species					9.19E-03	
GO:0034051	negative regulation of plant-type hypersensitive response					3.80E-02	
GO:0010200	response to chitin			9.48E-03			
GO:0080167	response to karrikin			2.83E-03			
GO:0046688	response to copper ion						2.35E-02
GO:0010117	photoprotection			1.42E-02			
GO:0071485	cellular response to absence of light	3.71E-02			8.72E-03		
GO:0010310	regulation of hydrogen peroxide metabolic process	5.96E-04					
GO:0009992	cellular water homeostasis	2.08E-04					



# Chlorophyll A/B (CAB)-binding proteins



■ Controllo non trattato

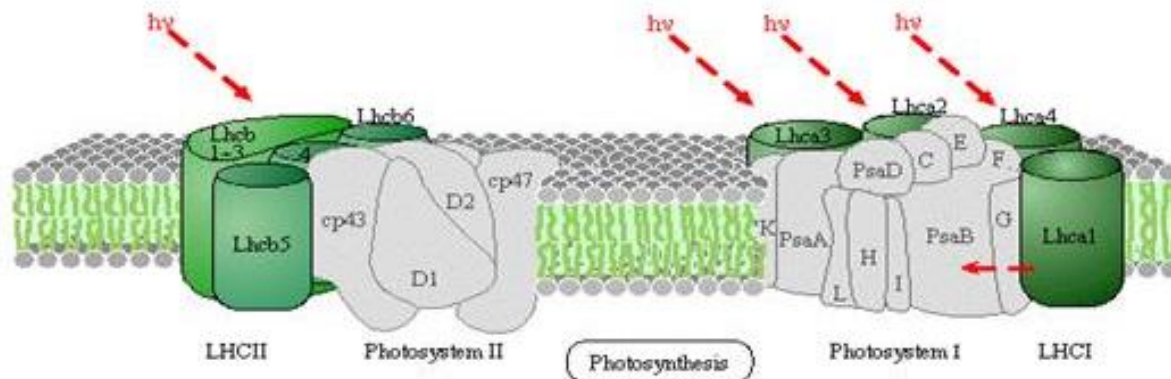
■ Piante trattate

Indotti anche da trattamenti con SA



Crosstalk tra difesa e altri pathway di segnale

Light-harvesting chlorophyll protein complex



Geni che codificano 'CAB-binding proteins' sono indotti in modo specifico in **genotipi di vite resistenti a peronospora**

# Genotipo dell'ospite



Valutare l'efficacia di cerevisiane nei confronti di *Plasmopara viticola* ed i cambiamenti trascrizionali in diverse cultivar di *Vitis vinifera*

**Cabernet Sauvignon**



**Merlot**



**Red Globe**



**Chardonnay**



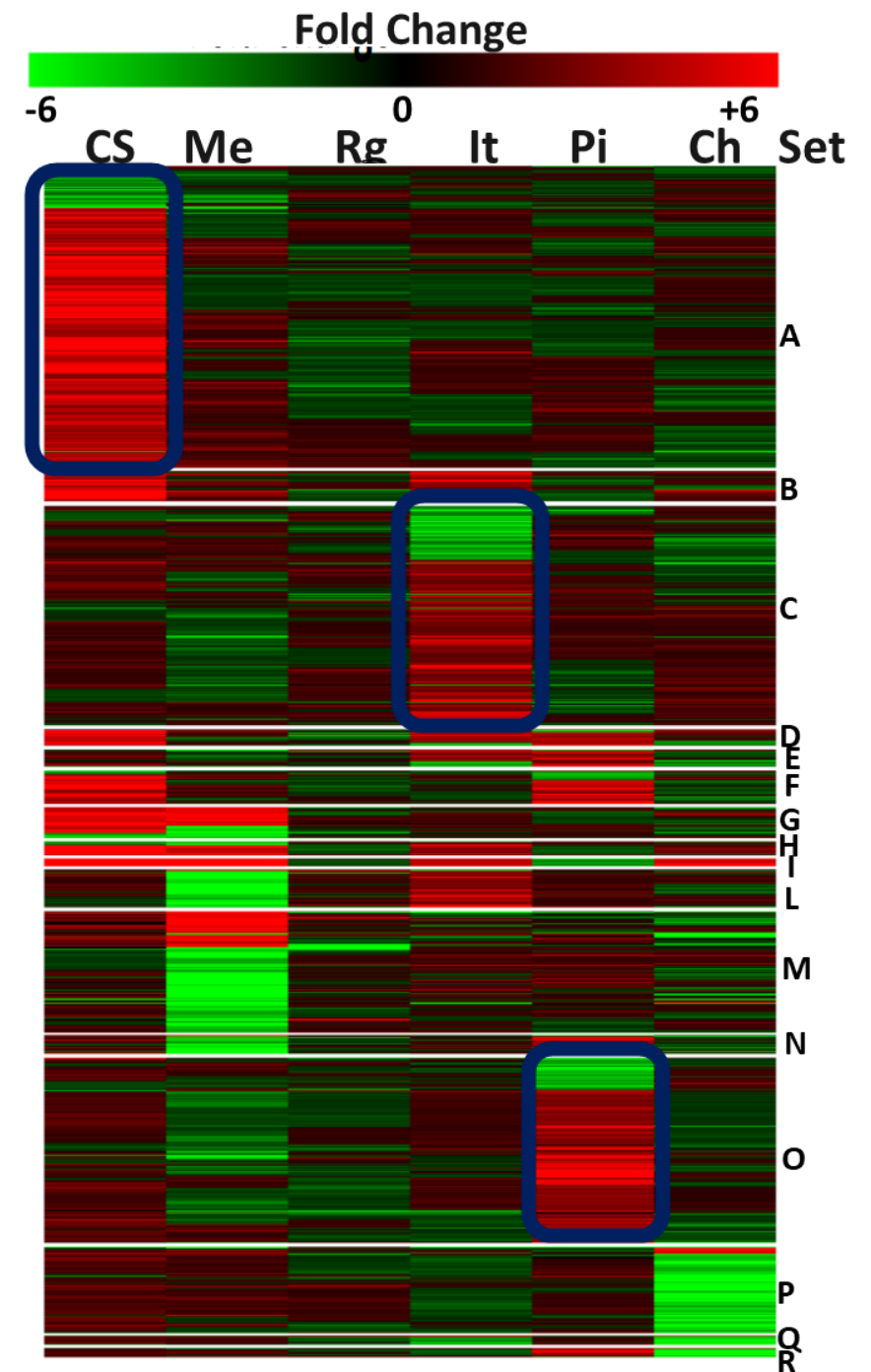
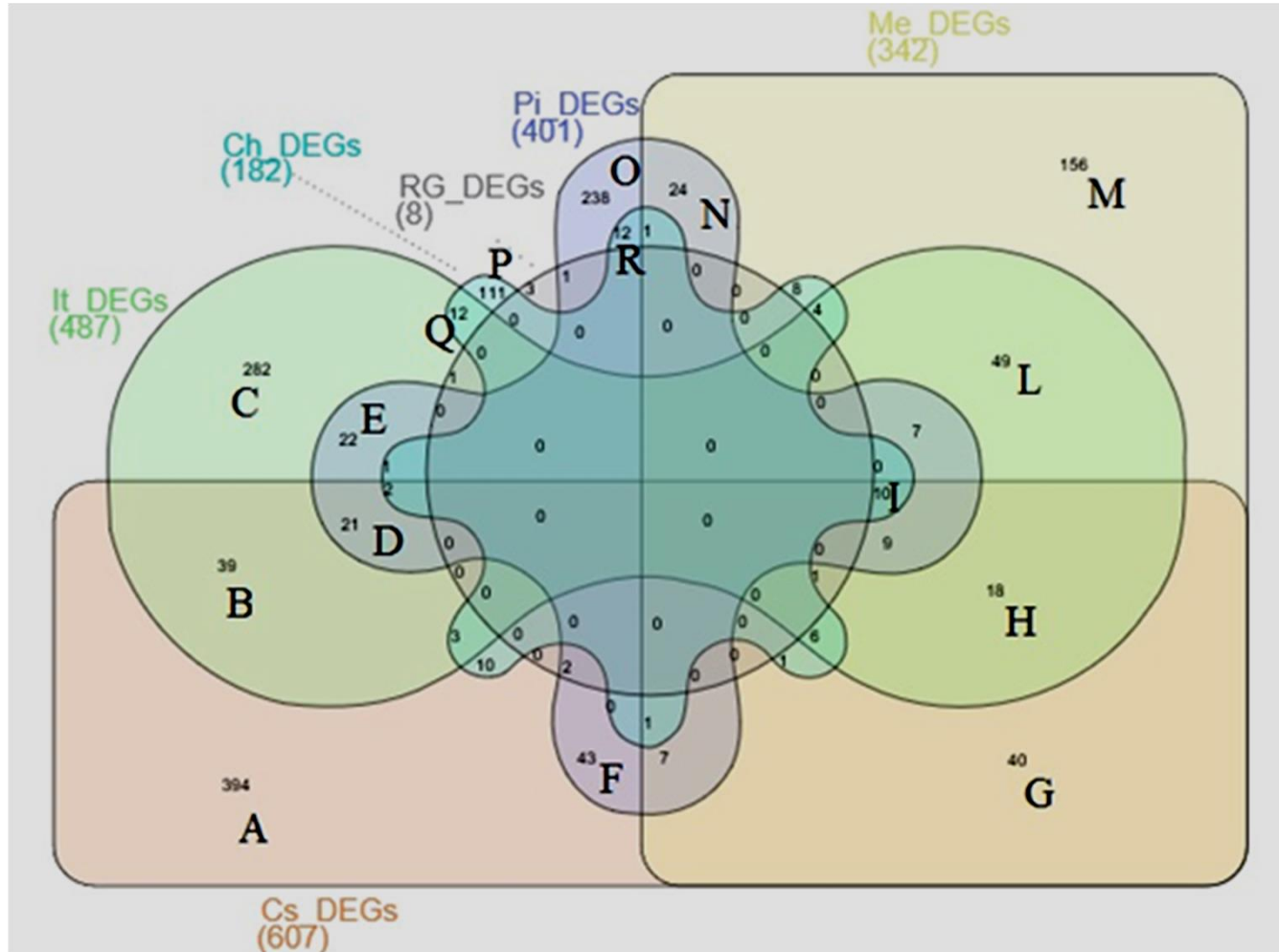
**Italia**



**Pinot bianco**



# Profili di espressione dei geni nelle varietà



# Conclusioni

- L'uso degli induttori di resistenza è una strategia innovativa che elicitava il naturale sistema di difesa della pianta e protegge le colture dalle malattie
- Lo studio dei meccanismi indotti dagli elicitori su colture di interesse può consentire applicazioni concrete dell'induzione di resistenza nelle piante in programmi di protezione integrata sempre più sostenibili
- Le metodiche di analisi più innovative possono essere di ausilio per queste indagini