

Ruolo dei microrganismi del suolo nello sviluppo della moria del kiwi



Davide Spadaro, Micol Guaschino



Progetto KIRIS - La moria del kiwi – Approfondimento sull'eziologia e strumenti di prevenzione e difesa (2020-2022)



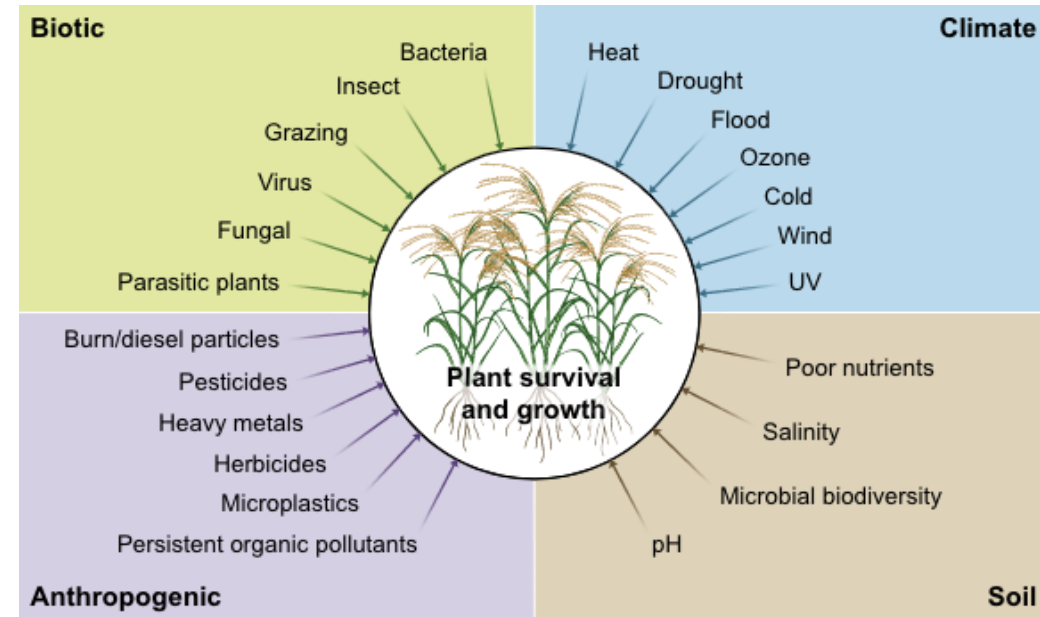
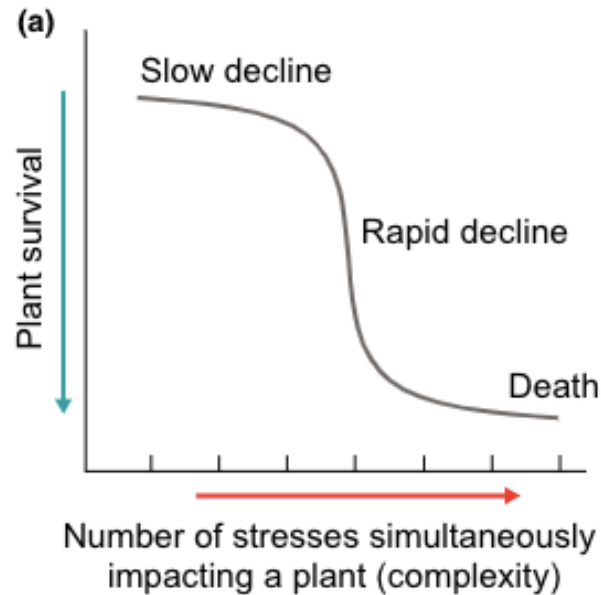
Sottoprogetto 3 – Analisi fitopatologiche

Attività 3.1 - Isolamento e caratterizzazione biologica e molecolare di potenziali agenti patogeni, con particolare attenzione a isolati di *Phytophthora* spp.

Attività 3.2 – Sviluppo di un saggio diagnostico molecolare

Attività 3.3 – Studio del microbioma di radici sane e malate, di suoli sani e contaminati

La moria del kiwi: una malattia multifattoriale



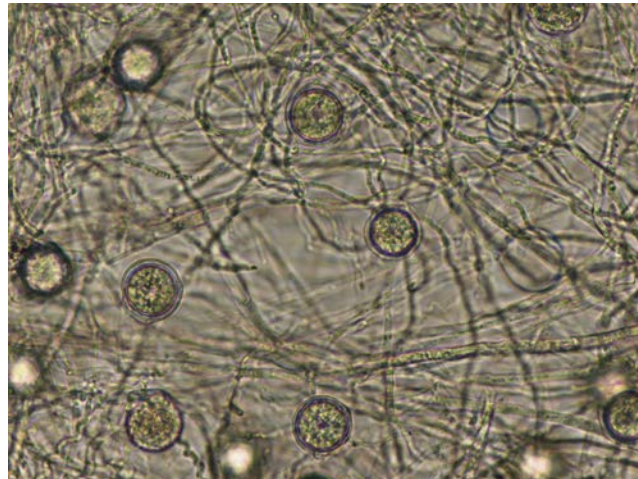
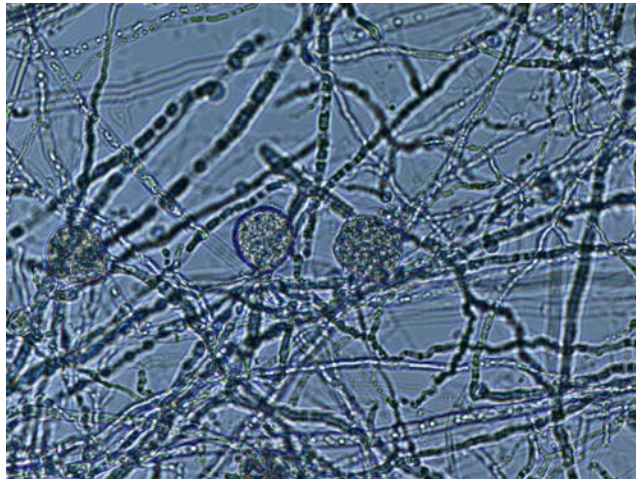
- Aumentando numero e complessità degli stress che agiscono sulla pianta, la loro capacità di sopravvivenza diminuisce (Zandalinas et al., 2022)
- Questo avviene anche se il livello di gravità di ogni singolo stress coinvolto nell'interazione non sarebbe sufficiente a causare effetti sulla sopravvivenza della pianta

- Il picco dei sintomi avviene in estate quando la traspirazione delle piante è più elevata
- La moria è associata con un periodo di allagamento, causato da precipitazioni o irrigazione
- Anossia radicale e alta traspirazione sono combinate con la presenza di patogeni nel suolo

Isolamento da radici colpite



Isolamento ed identificazione di oomiceti associati alla moria da radici di piante sintomatiche



Identificazione morfologica al microscopio

Monitoraggio 2016-2022

Actinidiati piemontesi monitorati tra il 2016 e il 2019 per presenza di moria, con cultivar, anno d'impianto, località, anno di campionamento, coordinate geografiche e specie di *Phytophthora* isolata.

Ulteriori isolamenti da espianti (anno 2021 e 2022).

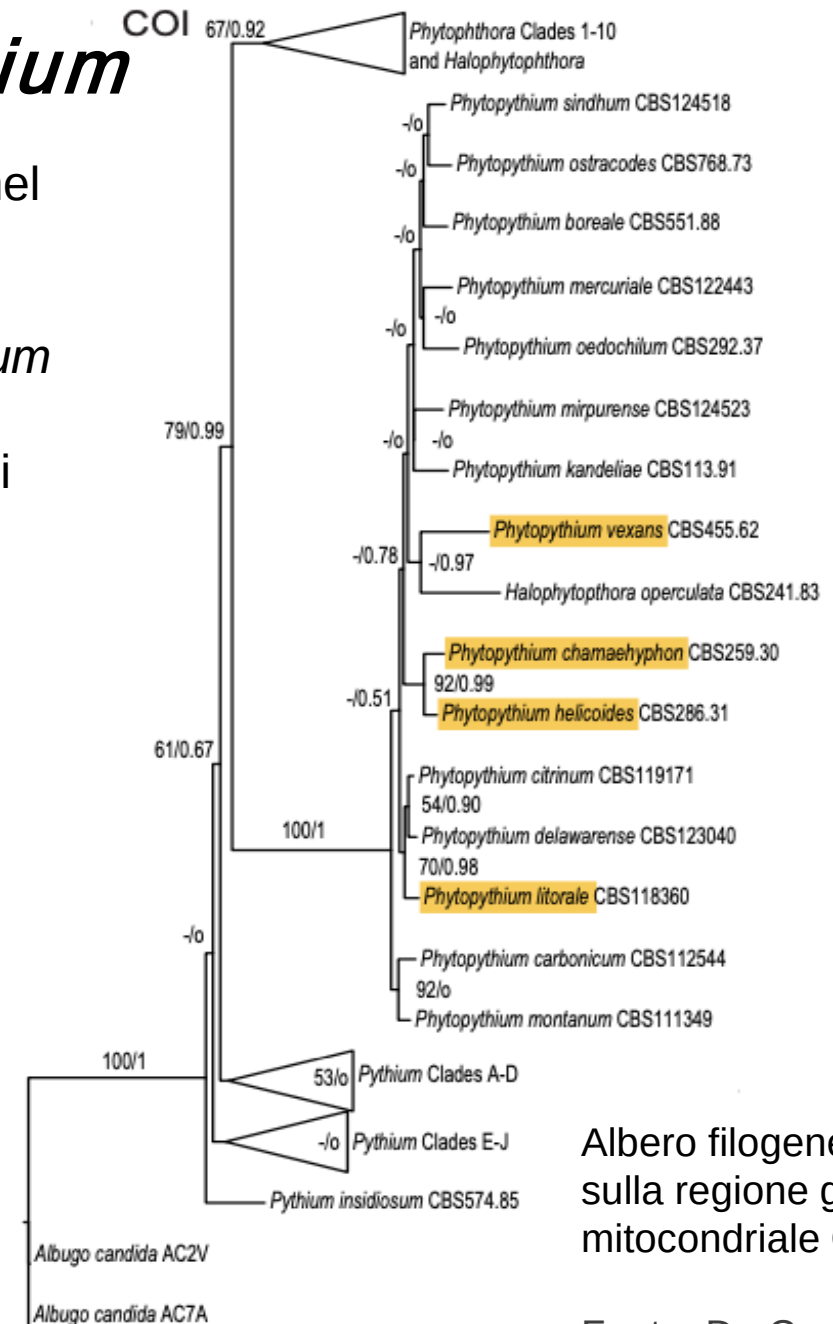
Campo	Cultivar	Anno d'impianto	Comune	Anno di campionamento	Coordinate		Specie isolata
1	Hayward	2004	Alice castello (VC)	2016	45,341391	8,063265	<i>Phytophthora vexans</i>
2	Hayward	2001	Saluzzo (CN)	2016	44,646031	7,536226	<i>Phytophthora vexans</i>
3	Hayward	2006	Lagnasco (CN)	2016	44,642730	7,531800	<i>Phytophthora vexans</i>
4	Hayward	1998	Costigliole Saluzzo (CN)	2016	44,580377	7,526960	<i>Phytophthora chamaeophon</i>
5	Hayward	2013	Saluzzo (CN)	2016	44,637117	7,510636	<i>Phytophthora vexans</i>
6	Soreli	2013	Lagnasco (CN)	2016	44,631046	7,569694	<i>Phytophthora vexans</i>
7	Hayward	1991	Manta (CN)	2016	44,621428	7,502110	<i>Phytophthora chamaeophon</i>
8	Hayward	1992	Lagnasco (CN)	2016	44,631889	7,551037	<i>Phytophthora vexans</i>
9	Hayward	1990	Lagnasco (CN)	2016	44,631889	7,542089	<i>Phytophthora vexans</i>
10	Hayward	2000	Saluzzo (CN)	2016	44,631051	7,500237	<i>Phytophthora chamaeophon</i>
11	Hayward	1999	Revello (CN)	2018	44,655846	7,417273	<i>Phytophthora vexans</i>
12	Hayward	2007	Manta (CN)	2018	44,610421	7,505150	<i>Phytophthora vexans</i>
13	Hayward	2015	Verzuolo (CN)	2019	44,597720	7,511737	<i>Phytophthora chamaeophon</i>
14	Hayward	1996	Manta (CN)	2019	44,615690	7,541091	<i>Phytophthora vexans</i>
15	Hayward	1996	Manta (CN)	2019	44,615690	7,541091	<i>Phytophthora vexans</i>
16	Hayward	1998	Saluzzo (CN)	2019	44,646290	7,532261	<i>Phytophthora vexans</i>
17	Soreli	2018	Lagnasco (CN)	2019	44,639418	7,584365	<i>Phytophthora vexans</i>
18	Dong Hong	2015	Scarnafigi (CN)	2019	44,660261	7,547556	<i>Phytophthora litorale</i>
19	Hayward	2017	Saluzzo (CN)	2019	44,647014	7,551447	<i>Phytophthora vexans</i>

Il genere *Phytophthora*

- *Phytophthora* è un nuovo genere proposto per la prima volta nel 2008 e pubblicato nel 2010 (Bala et al., 2010)
- De Cock et al. (2015) hanno dimostrato che il clade K di *Pythium* rappresenta un genere monofiletico chiamato *Phytophthora*. Questa suddivisione è basata sull'analisi molecolare di tre geni (COI, LSU rRNA, SSU rRNA).
- Ordine: Pythiales
- Famiglia Pythiaceae



Phytophthora vexans isolated from kiwi roots on selective medium



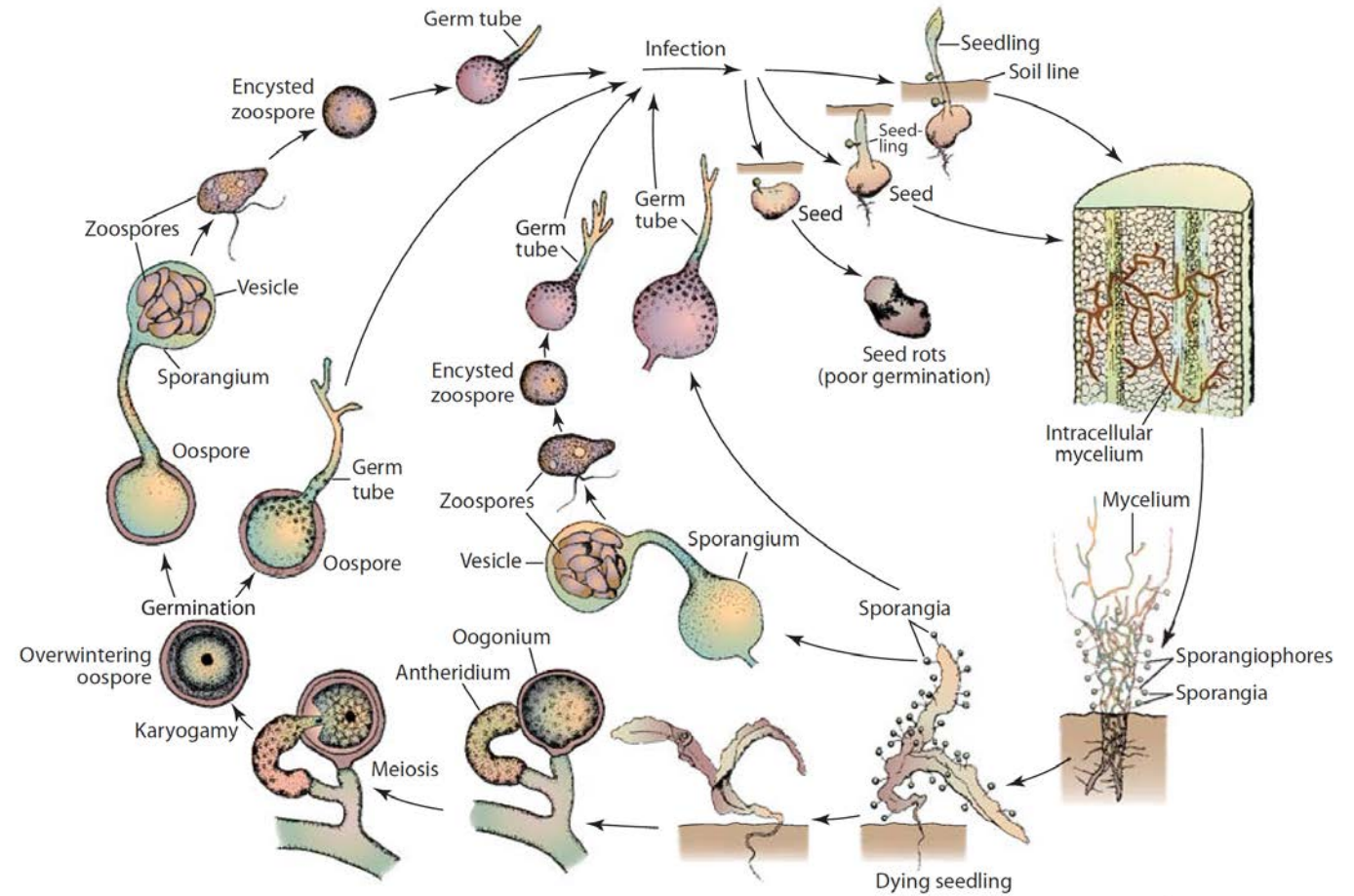
Albero filogenetico basato sulla regione genica mitocondriale COI

Fonte: De Cock et al., 2015



Caratteristiche delle Pythiaceae

- Ruolo di organismi del suolo, principalmente oomiceti
- Generalmente causa di marciumi radicali e decadimento delle piante
- Ciclo vitale diplonte ($2n$)
- I tessuti vegetali infetti producono oospore
- La riproduzione asessuata avviene con zoospore biflagellate che sono rilasciate con l'acqua
- La dispersione delle zoospore avviene spostando suolo infetto o con schizzi d'acqua e/o irrigazione



Caratteristiche morfologiche

- Morfologicamente *Phytopythium* rappresenta un intermedio tra *Phytophthora* e *Pythium*
- Tratti identificativi: sporangi non-papillati e anteridi cilindrici e lobati



b) Sporangia subglobosi e non-papillati



e) Anteridi con costrizioni definite



f) Anteridi bilobati

Phytophthium spp. è patogeno su diverse colture

Mandarin  <i>P. helicoides</i> China, 2016	Soybean  <i>Phytophthium</i> spp. North America, 2017	Citrus  <i>P. vexans</i> <i>P. mercuriale</i> Tunisia, 2017	Grapevine  <i>P. vexans</i> South Africa, 2018	Cassava  <i>Phytophthium</i> spp. Brazil, 2018	Avocado  <i>P. vexans</i> Canary island, 2018	Cocoa  <i>P. chamaehyphon</i> , <i>P. vexans</i> , <i>P. helicoides</i> Colombia, 2021	Corn  <i>P. helicoides</i> China, 2021
Peach  <i>P. helicoides</i> America, 2019	Strawberry  <i>P. helicoides</i> America, 2019	Apple  <i>P. litorale</i> Turkey, 2020 Morocco, 2020	Plane  <i>P. litorale</i> Turkey, 2020	Durian  <i>P. vexans</i> Vietnam, 2020	Pear  <i>P. vexans</i> Morocco, 2021	Taro  <i>P. chamaehyphon</i> America, 2022	Almond  <i>P. vexans</i> Spain, 2022

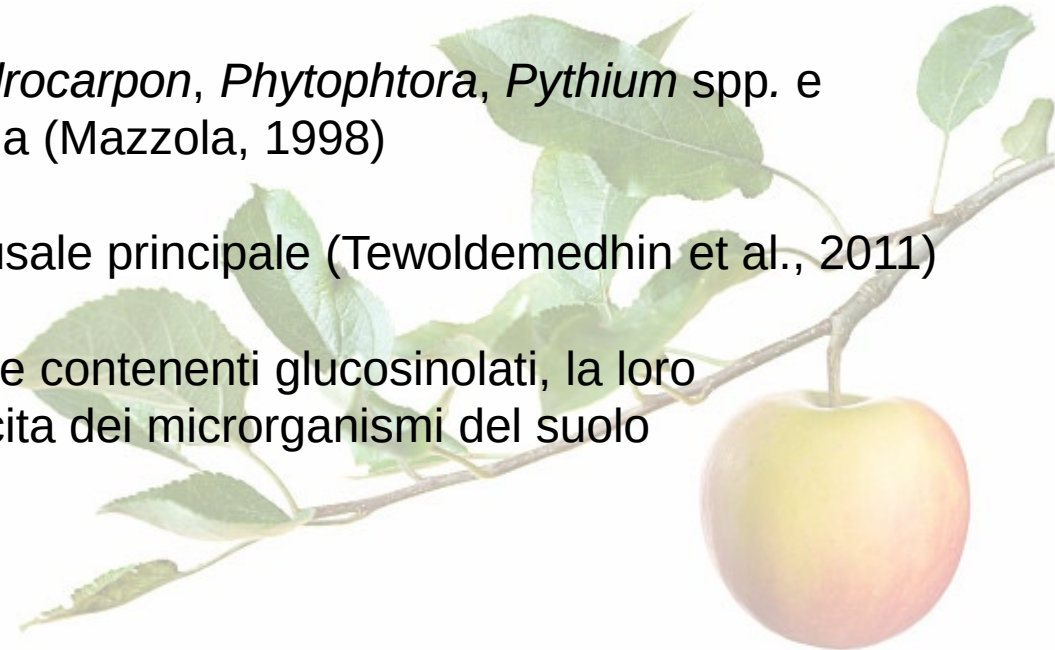
Fonti:

Mandarin: Chen et al., 2016; Soybean: Rojas et al., 2017; Citrus: Benfadj et al., 2017; Grapevine: Langenhoven et al., 2018; Cassava: Boari et al., 2018; Avocado: Rodriguez-Padron et al., 2018; Peach: Browne et al., 2019; Strawberry: Marien et al., 2019; Apple: Mert et al., 2020; Plane: Dervis et al., 2020; Durian: Thao et al., 2020; Pear: Jabiri et al., 2021; Cocoa: Ramirez-Martinez et al., 2021; Corn: Xi et al., 2021; Taro: Galo et al., 2011; Almond: Beluzan et al., 2022.

Il ruolo di *Phytopythium* spp. nella malattia da reimpianto del melo



- La malattia da reimpianto del melo è causato da organismi del suolo che comprendono alcune specie di funghi, oomiceti e nematodi
- I sintomi della malattia da reimpianto sono una crescita stentata, la morte delle giovani piante, la riduzione delle radici laterali e la perdita dei peli radicali
- La fonte primaria di inoculo sono i suolo di vecchi impianti, contaminazioni a livello di vivaio e acque di irrigazione contaminate
- Nello stato di Washington un complesso di specie fungine: *Cylindrocarpon*, *Phytophthora*, *Pythium* spp. e *Rhizoctonia* è riportato come la causa principale di questa malattia (Mazzola, 1998)
- In Sud Africa, *Phytopythium vexans* è riportato come l'agente causale principale (Tewoldemedhin et al., 2011)
- Le strategie adottate finora sono basate sull'utilizzo di brassicacee contenenti glucosinolati, la loro degradazione produce composti volatili in grado di inibire la crescita dei microrganismi del suolo



Il ruolo di *Phytophthium* spp. nella malattia da reimpianto del melo



Confronto fra meli colpiti a sx e meli sani a dx

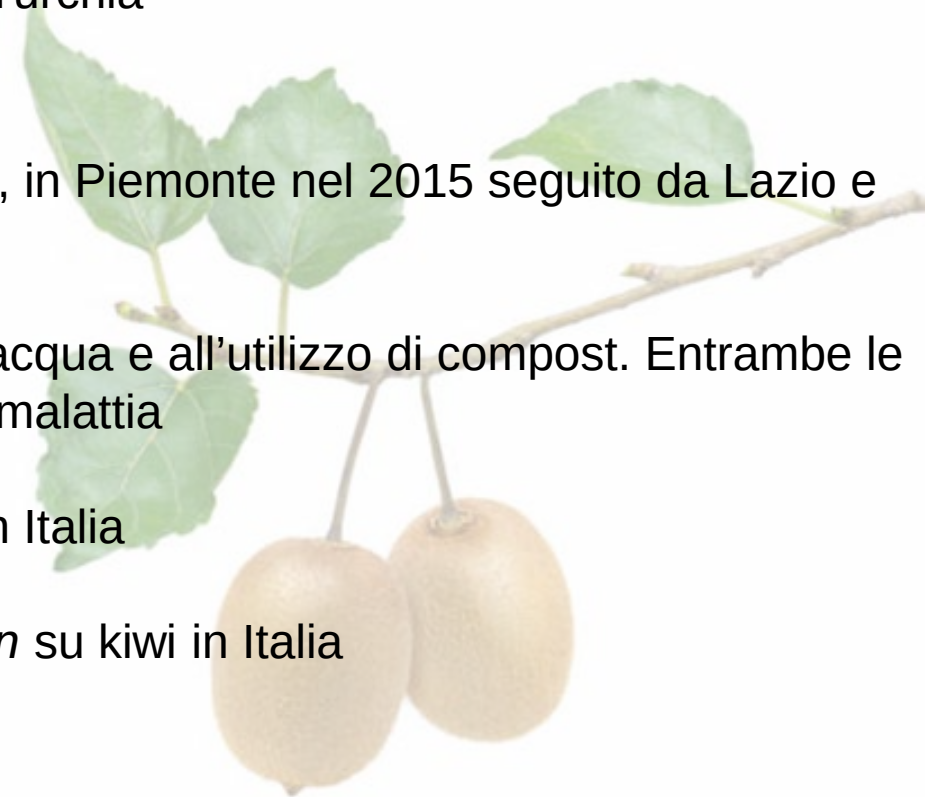


Confronto fra radici di melo in suolo sano (sx) e in condizioni di reimpianto (dx)

Il ruolo di *Phytophthora* spp. nella moria del kiwi



- Sintomi simili alla moria sono stati descritti per la prima volta in alcuni report del 1980 in Nuova Zelanda dopo il ciclone Bola
- Nello studio di Wang et al. (2015) è stato riportato *P. helicoides* su kiwi in Cina
- Nello studio di Polat et al. (2017) è stato riportato *P. vexans* su kiwi in Turchia
- La moria in Italia è stata riportata per la prima volta nel 2012 in Veneto, in Piemonte nel 2015 seguito da Lazio e Calabria nel 2018
- Le prime strategie adottate erano mirate a migliorare il drenaggio dell'acqua e all'utilizzo di compost. Entrambe le soluzioni non sono risultate risolutive nei confronti dello sviluppo della malattia
- Nello studio di Savian et al. (2020) è stato riportato *P. vexans* su kiwi in Italia
- Nello studio di Prencipe et al. (2020) è stato riportato *P. chamaeophyon* su kiwi in Italia



Patogenicità e riproduzione dei sintomi



Inoculo con *Phytophthium* spp.



Testimone sano



Indice di malattia



(0) pianta sana



(1) La pianta mostra i primi appassimenti



(2) l'appassimento progredisce e iniziano i disseccamenti basali



(3) il disseccamento fogliare progredisce e iniziano i primi accartocciamenti fogliari



(4) foglie completamente secche ed accartocciate

Prime segnalazioni

DISEASE NOTES

First Report of *Phytophthium vexans* Causing Decline Syndrome of *Actinidia deliciosa* 'Hayward' in Italy

S. Prencipe, F. Savian, L. Nari, P. Ermacora, D. Spadaro, and M. Martini 

Affiliations 

Published Online: 12 May 2020 | <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2101-PDN>

Pathogenicity of *Phytophthium chamaehyphon*: a new player in Kiwifruit Vine Decline Syndrome of *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (A. Chev.) A. Chev. 'Hayward' in Italy

Francesco Savian, Simona Prencipe, Noemi Filippini, Luca Nari, Marta MARTINI, Paolo Ermacora, and Davide Spadaro 

Published Online: 20 Apr 2021 | <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0143-SC>



PDF



PDF PLUS



TOOLS



SHARE

Le piante più giovani sono più suscettibili

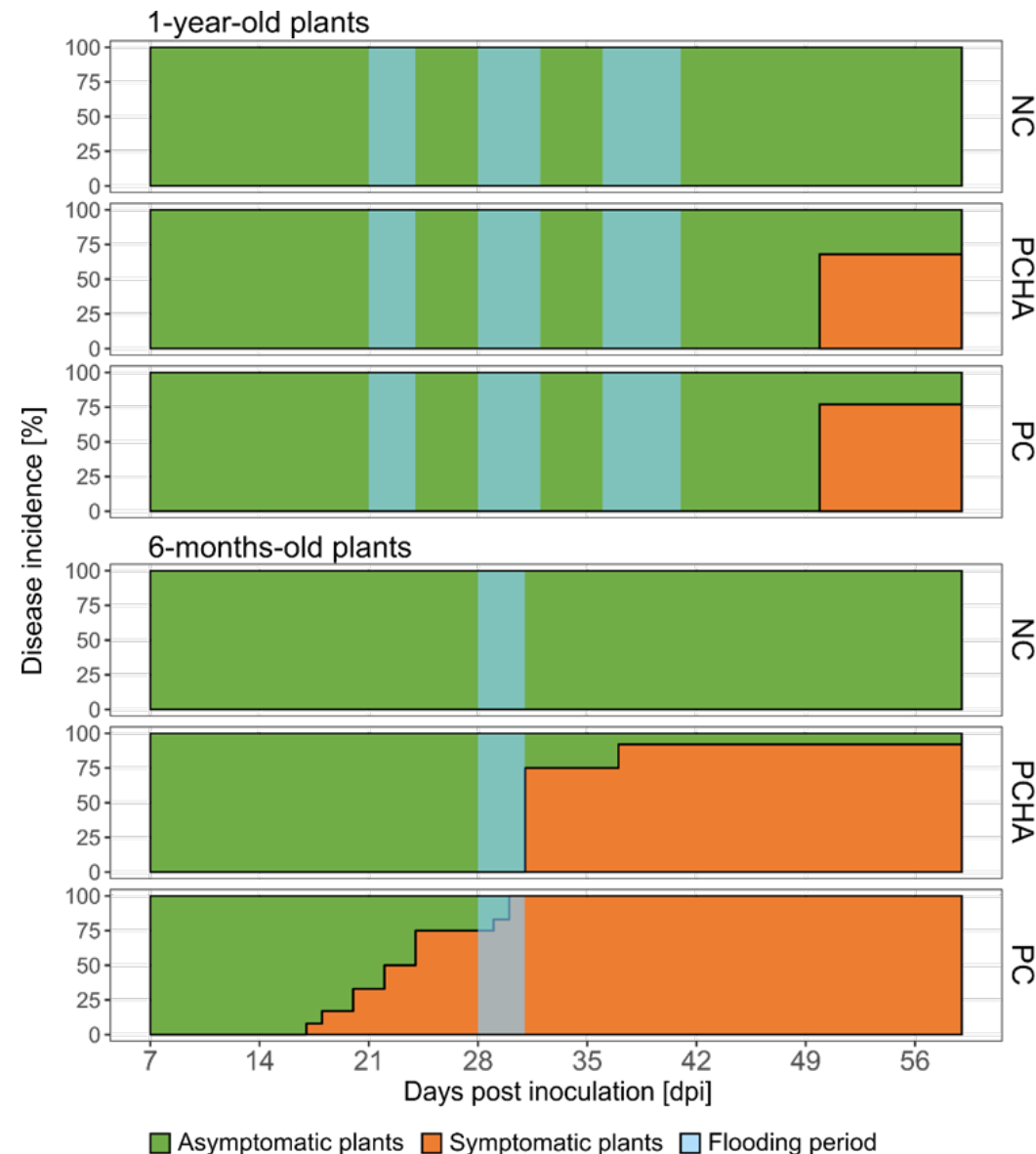


Percentuale delle piante con sintomi della moria del kiwi (incidenza di malattia) durante la prova di patogenicità in piante di 1 anno e di 6 mesi. Le piante con i sintomi di moria sono colorate in arancione, mentre le piante asintomatiche sono indicate in verde. Le aree con l'ombreggiatura indicano il periodo di sommersione e la sua durata.

NC: piante inoculate con substrato sterile

PCHA: inoculo con *P. chamaeophyon*

PC: piante poste in suolo naturalmente infetto

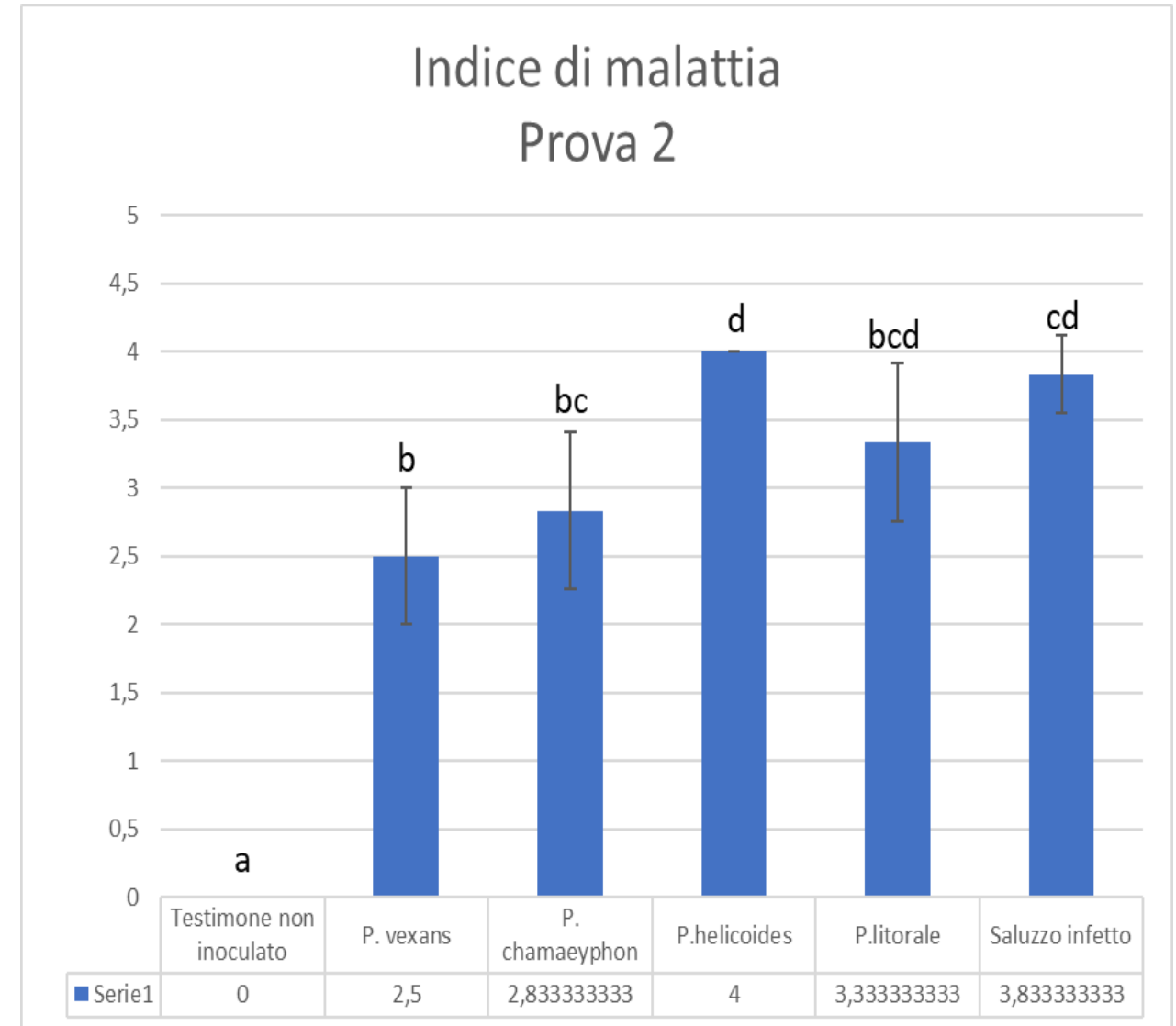


Quattro specie patogene

PROVA 2 dal 17/09/20 al 20/10/20: 2 sommersioni da 3 giorni
(settembre)

TESI	DESCRIZIONE	NUMERO DI PIANTE
1	Torba (testimone non inoculato)	5
2	Torba inoculata con <i>P. vexans</i>	5
3	Torba inoculata con <i>P. chamaeyphon</i>	5
4	Torba inoculata con <i>P. helicoides</i>	5
5	Torba inoculata con <i>P. litorale</i>	5
6	Terreno di Saluzzo infetto	5
		TOTALE PIANTE 30

Sommersione subito dopo inoculazione al terreno



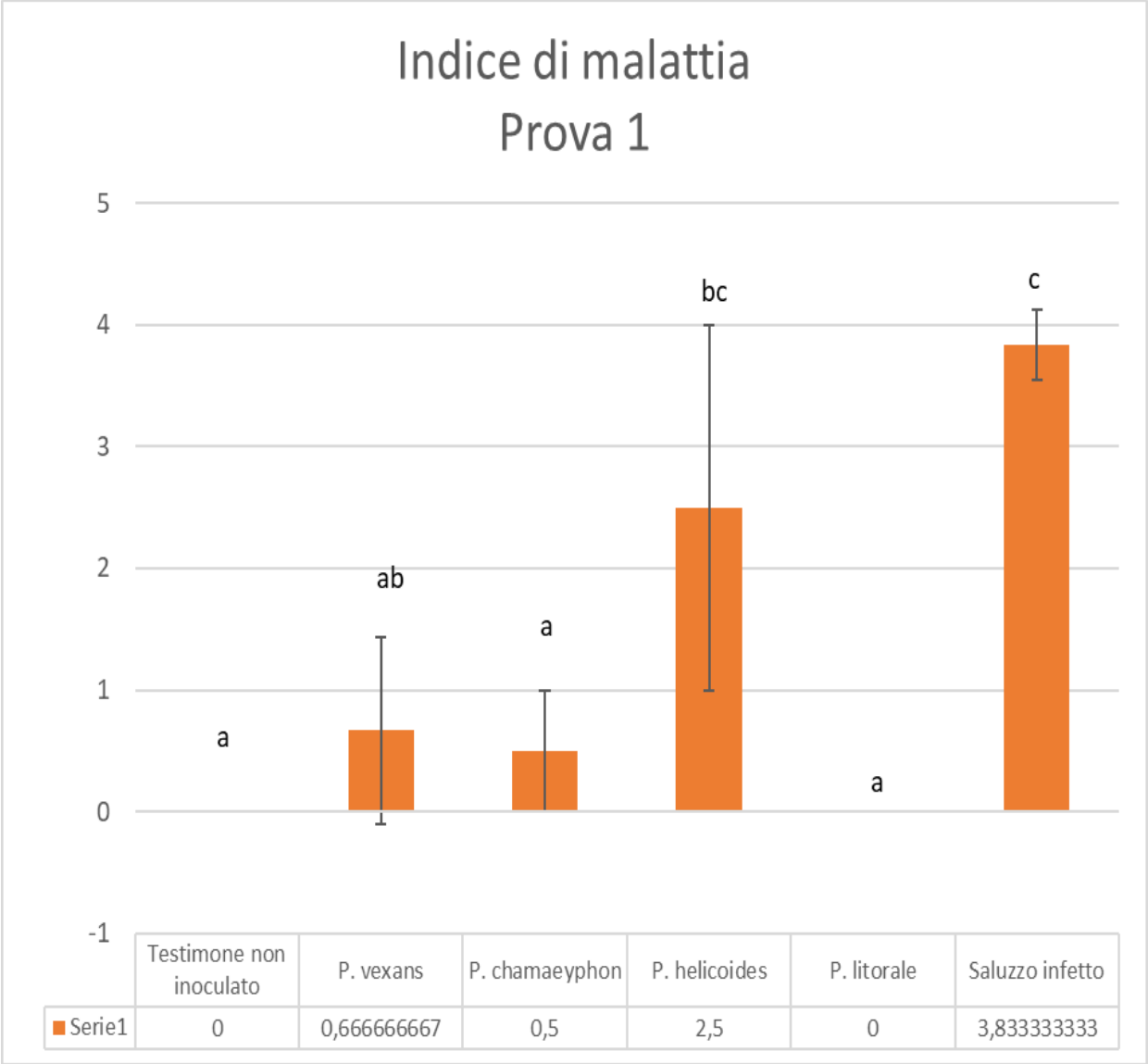
Se la distanza tra inoculazione e sommersione è lunga, minori sintomi



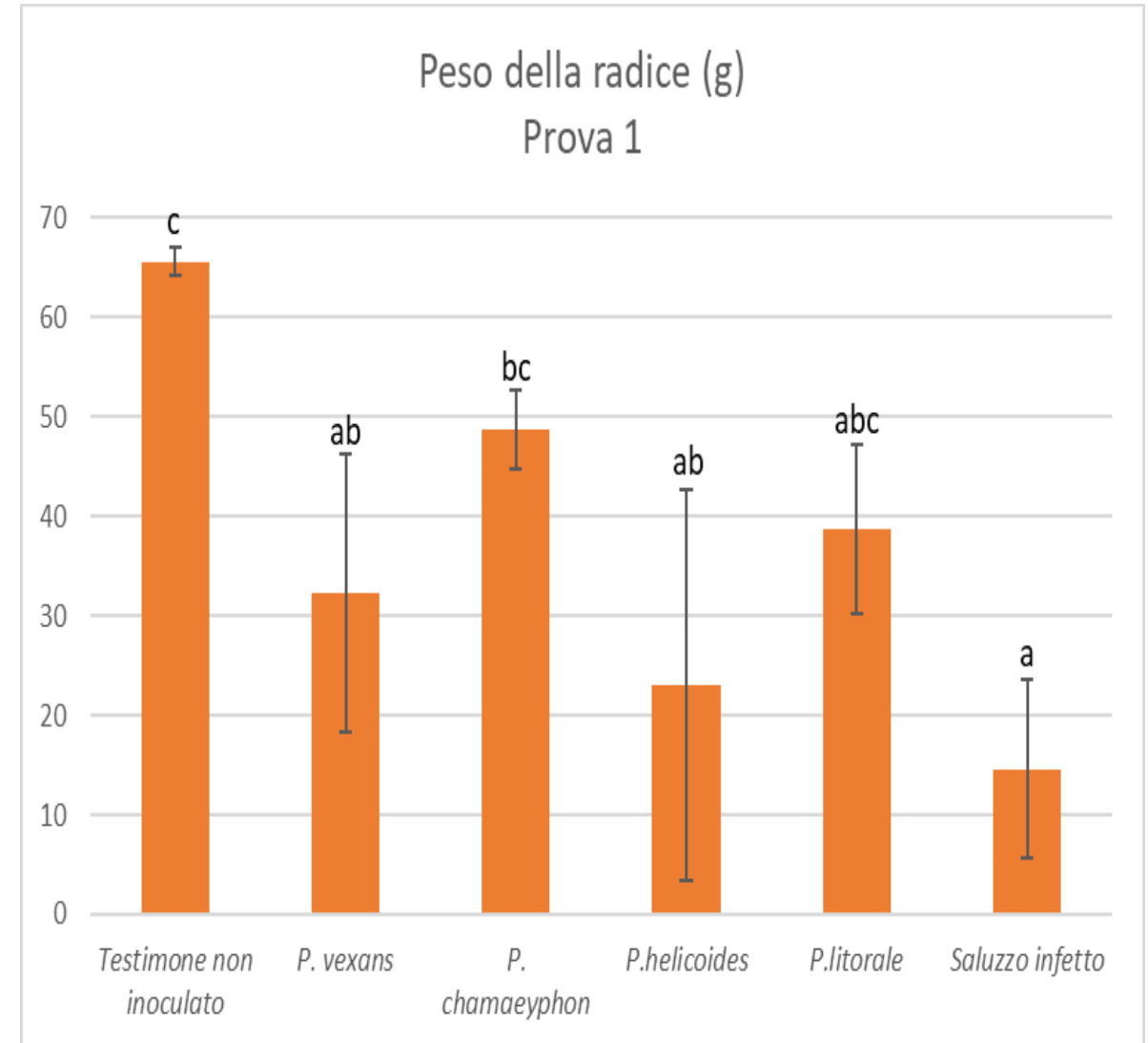
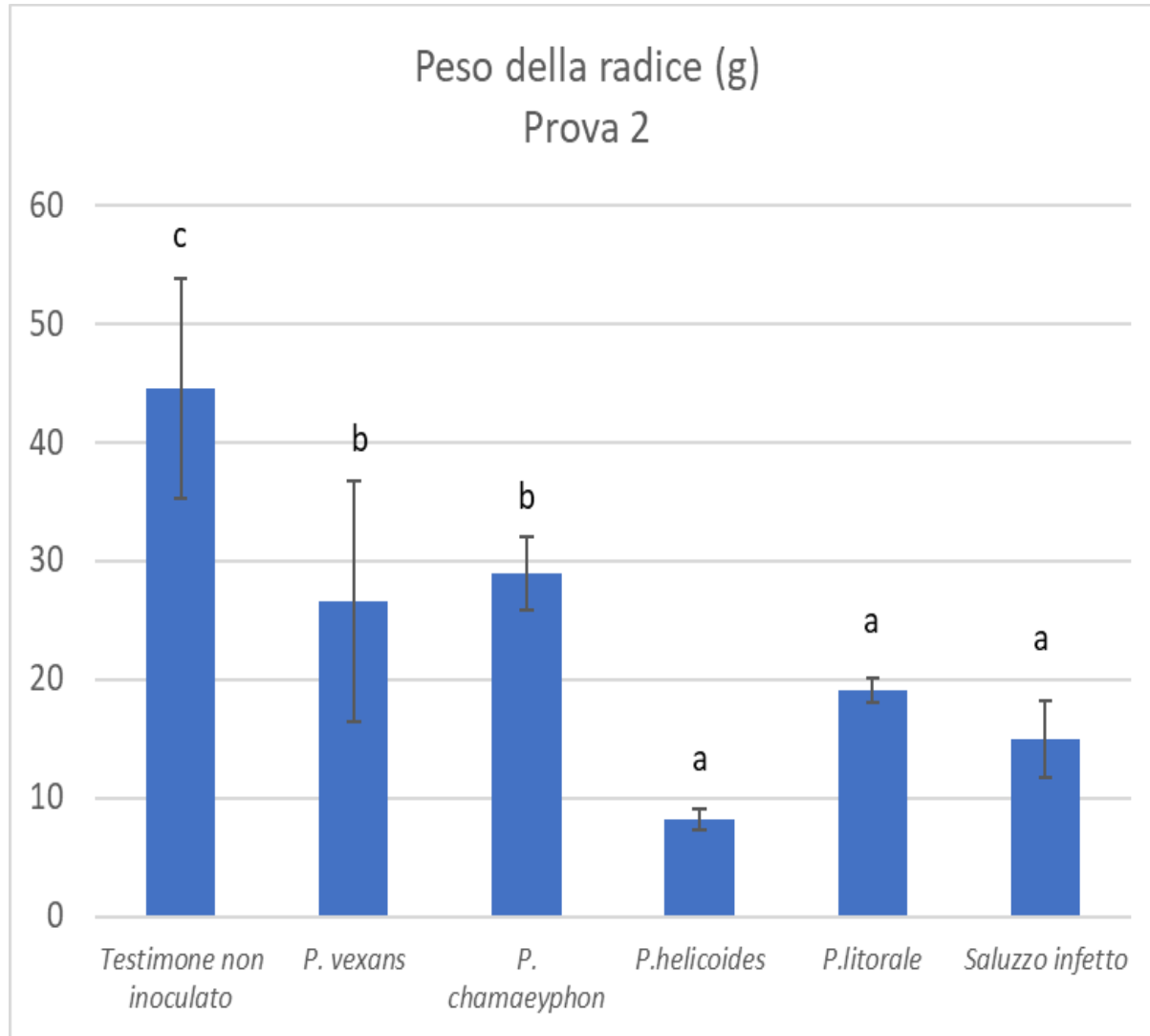
PROVA 1 dal 22/07/20 al 20/10/20: 2 sommersioni da 6 ore (luglio) + 2 sommersioni da 3 giorni (settembre)

TESI	DESCRIZIONE	NUMERO DI PIANTE
1	Torba (testimone non inoculato)	5
2	Torba inoculata con <i>P. vexans</i>	5
3	Torba inoculata con <i>P. chamaeyphon</i>	5
4	Torba inoculata con <i>P. helicoides</i>	5
5	Torba inoculata con <i>P. litorale</i>	5
6	Terreno di Saluzzo infetto	5
		TOTALE PIANTE 30

Sommersione 75 giorni dopo inoculazione



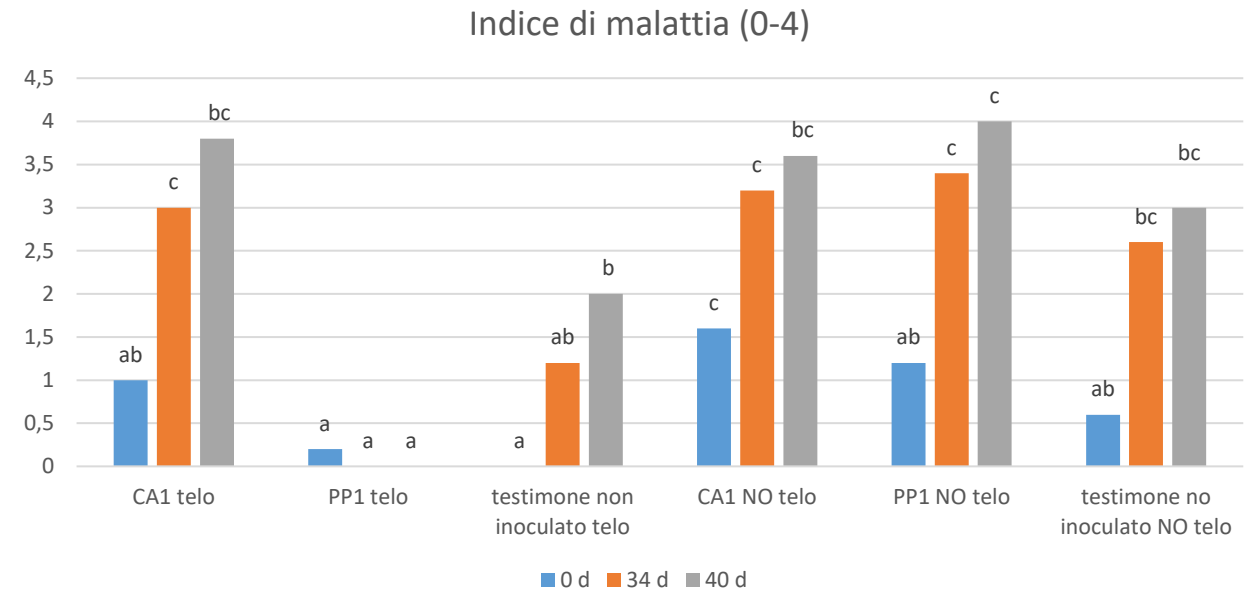
Effetto sullo sviluppo delle radici



La presenza di telo ombreggiante riduce la gravità della malattia

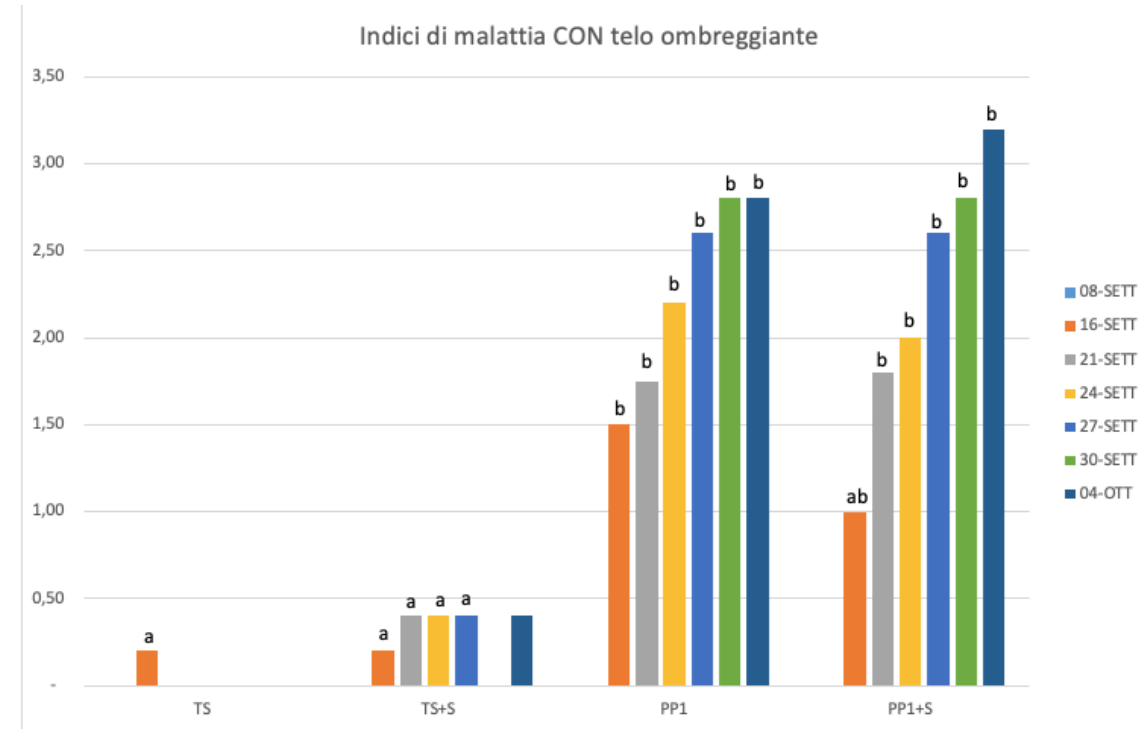
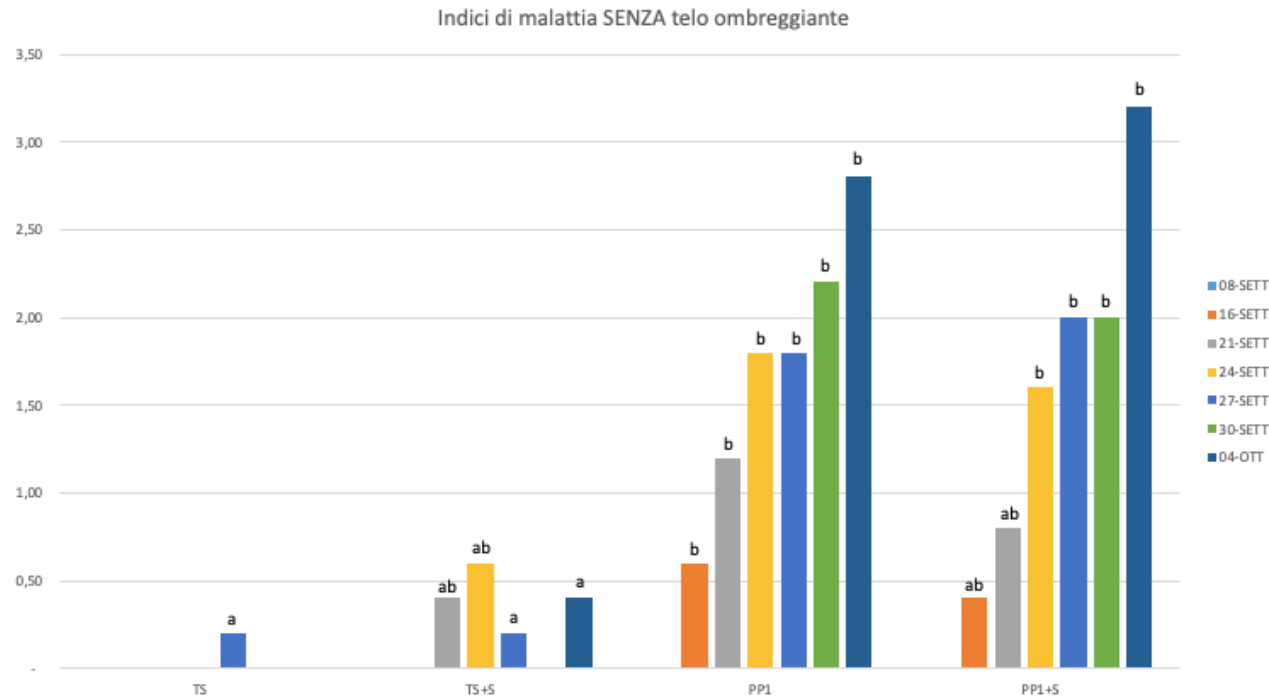


TESI	DESCRIZIONE	PERIODO 1	PROVA		NUMERO DI PIANTE
			Con telo ombreggiante	Senza telo ombreggiante	
1	Testimone sano non sommerso	P1	4	4	8
2	Testimone sano sommerso	P1	4	4	8
3	Inoculato non sommerso	P1	4	4	8
4	Inoculato sommerso	P1	4	4	8
			TOTALE PIANTE 32		



Legenda: CA1: *P. helicoides*; PP1: *P. vexans*

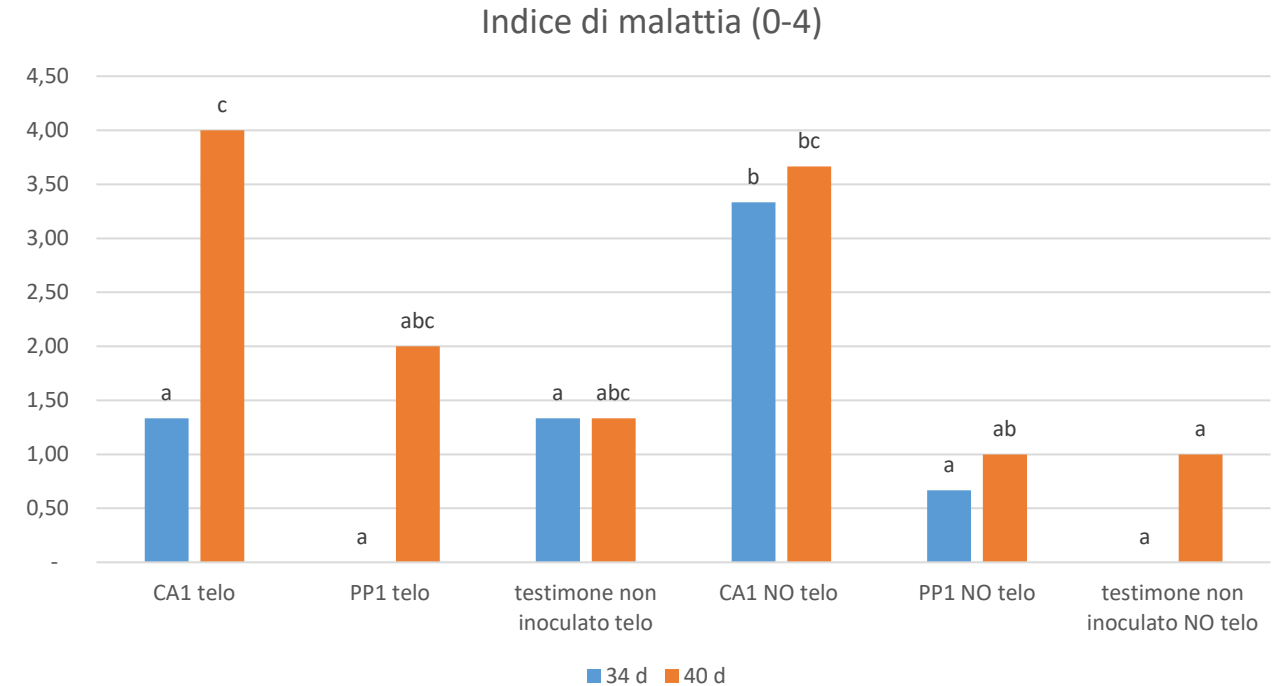
La prova effettuata a settembre: il telo non serve più



Legenda: PP1: *P. vexans*; TS: Testimone sano; TS+S: Testimone sano sommerso; PP1+S: Inoculato sommerso

Su Hayward innestato su Z1 *P. vexans* non si sviluppa, ma ...

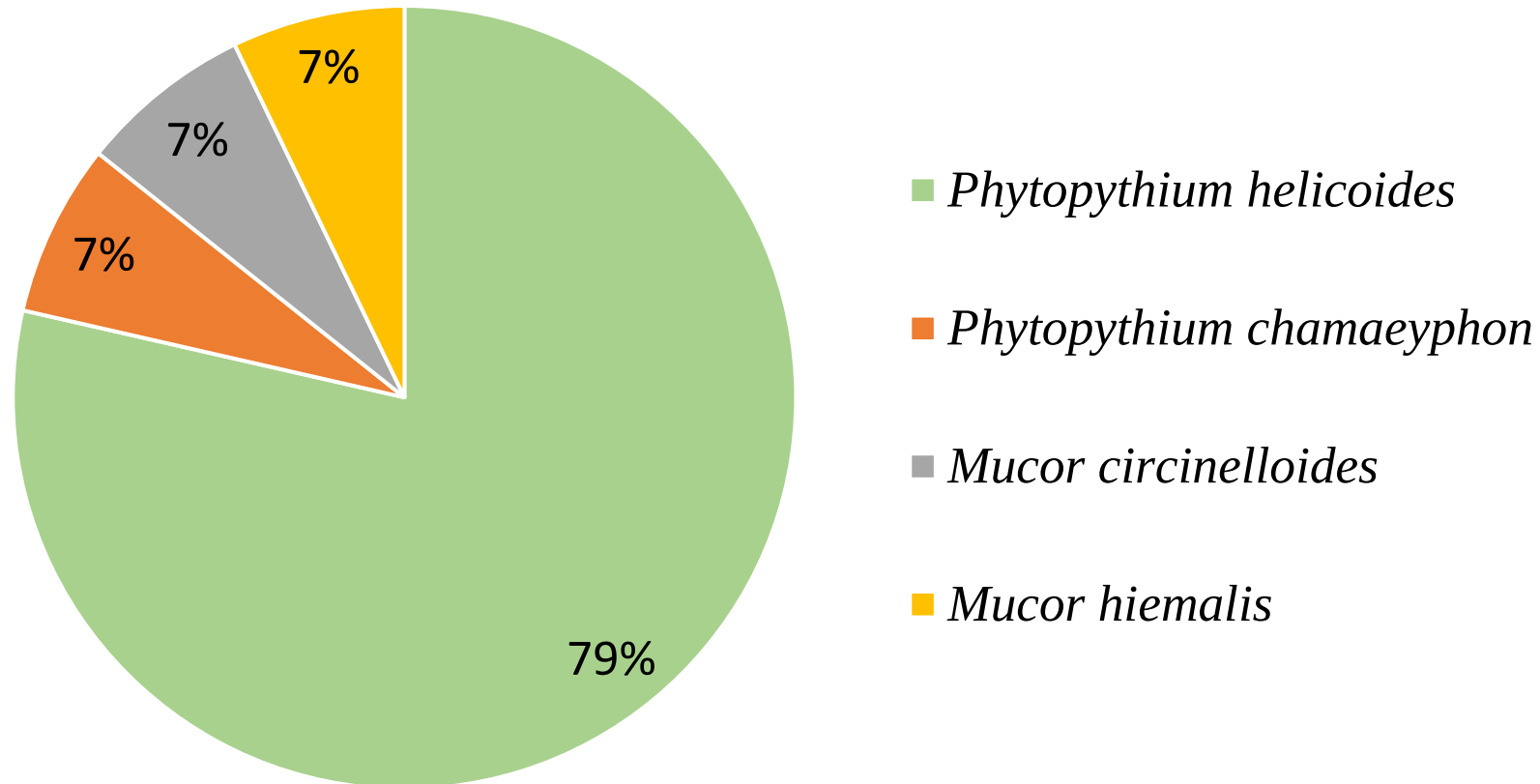
TESI	DESCRIZIONE	PERIODO 1	PROVA		
			Con telo ombreggiante	Senza telo ombreggiante	NUMERO DI PIANTE
1	Testimone sano non sommerso	P1	4	4	8
2	Testimone sano sommerso	P1	4	4	8
3	Inoculato non sommerso	P1	4	4	8
4	Inoculato sommerso	P1	4	4	8
			TOTALE PIANTE 32		



Legenda: CA1: *P. helicoides*; PP1: *P. vexans*

Isolamenti da Hayward innestato su Z1

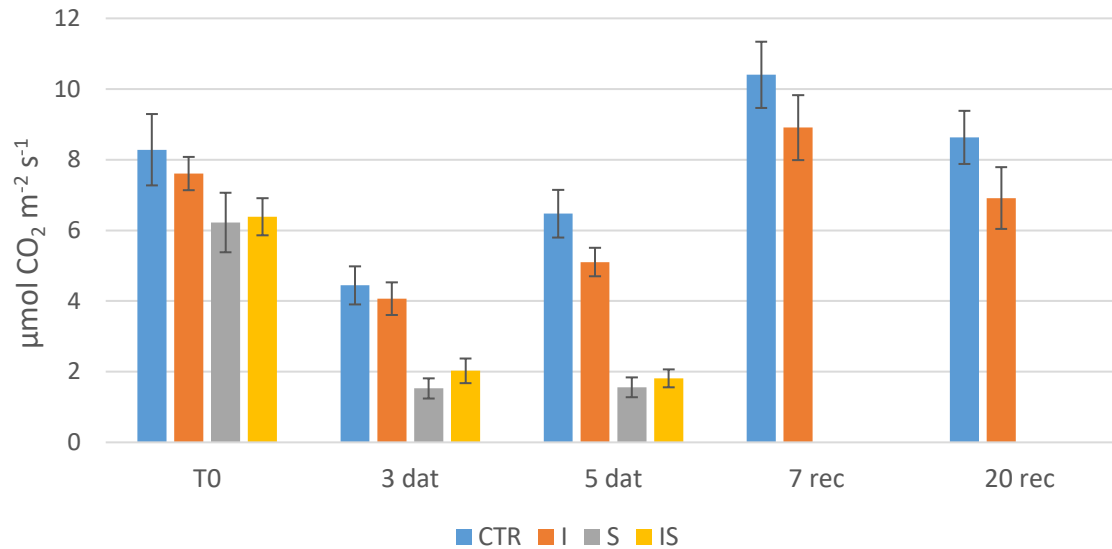
Nell'anno 2021 sono stati effettuati isolamenti da radici di piante innestate su portainnesto Z1 con sintomi riconducibili alla moria.



I risultati rivelano la presenza di *Phytophthium helicoides* nella maggioranza degli isolati.

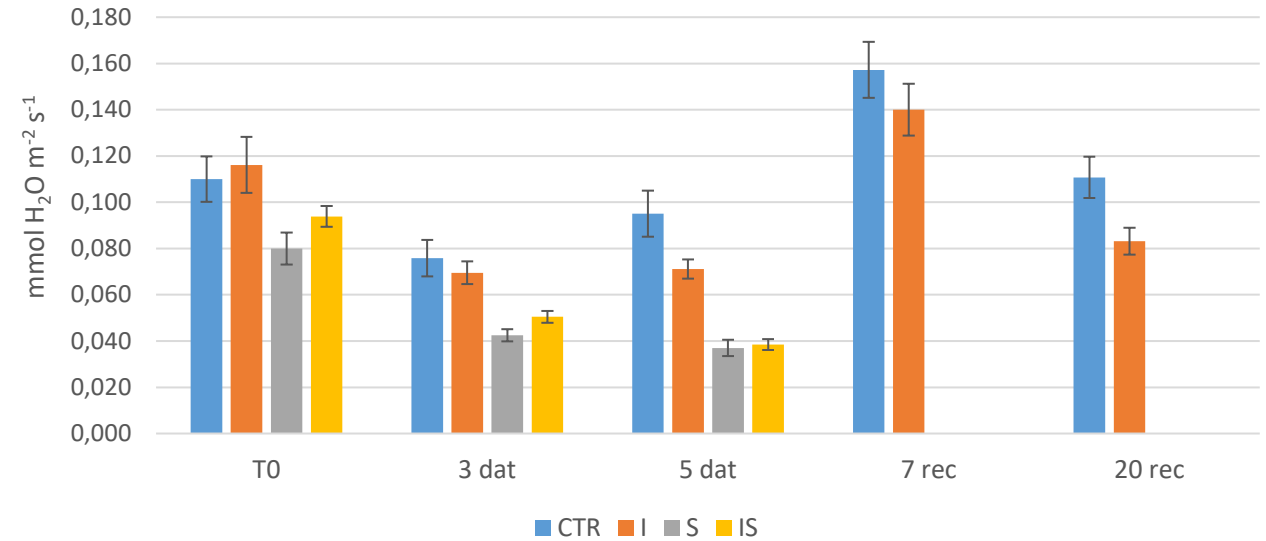
La fisiologia delle piante viene modificata da sommersione prolungata

Assimilazione



- L'assimilazione risulta fortemente ridotta in presenza di sommersione prolungata e in presenza del patogeno
- Mentre il testimone presenta il recupero a sommersione terminata

Conduttanza stomatica



- I valori di conduttanza stomatica sono migliori per le piante testimoni rispetto a quelle inoculate
- La sommersione, se prolungata, risulta essere il fattore principale di alterazione dei parametri fisiologici

Morfologia dei *Phytophthium* spp.

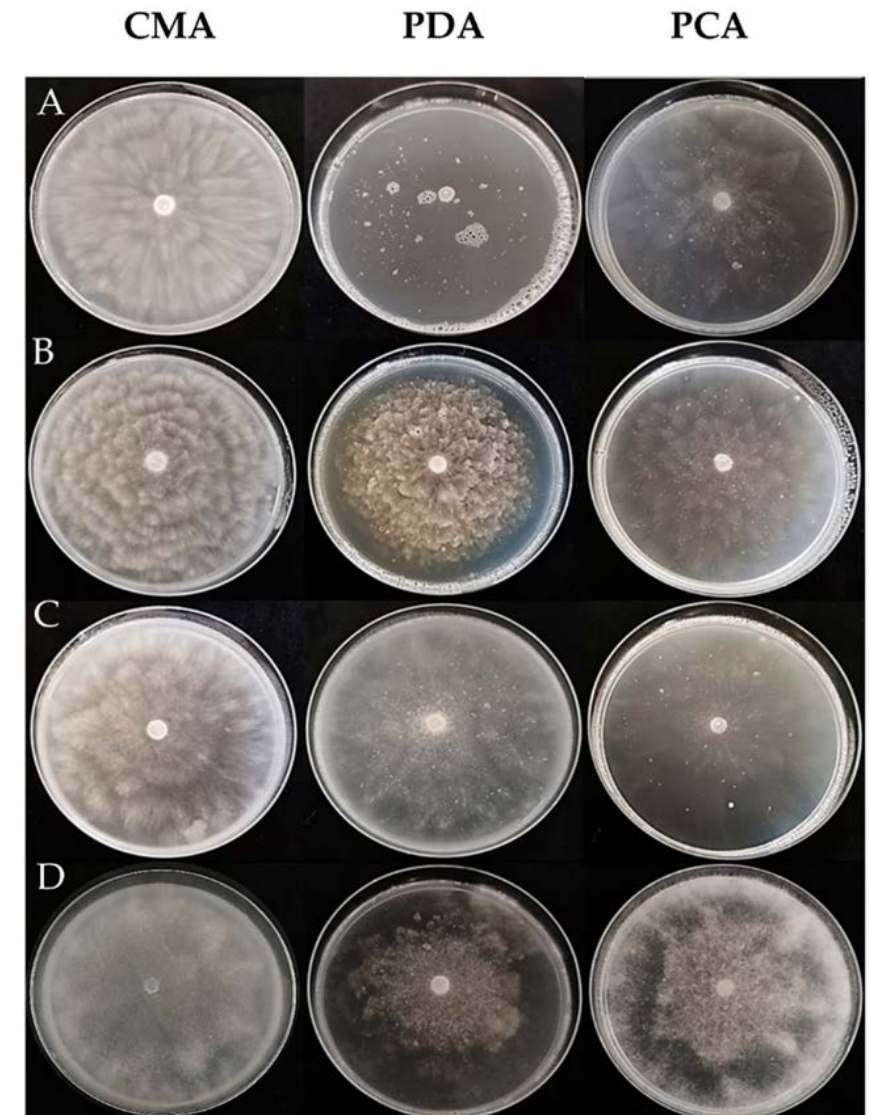
Identificazione macromorfologica e osservazione delle colonie su diversi substrati

A. *Phytophthium vexans*;

B. *Phytophthium litorale*;

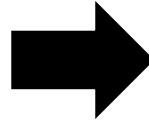
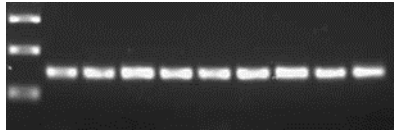
C. *Phytophthium chamaehyphon*;

D. *Phytophthium helicoides*

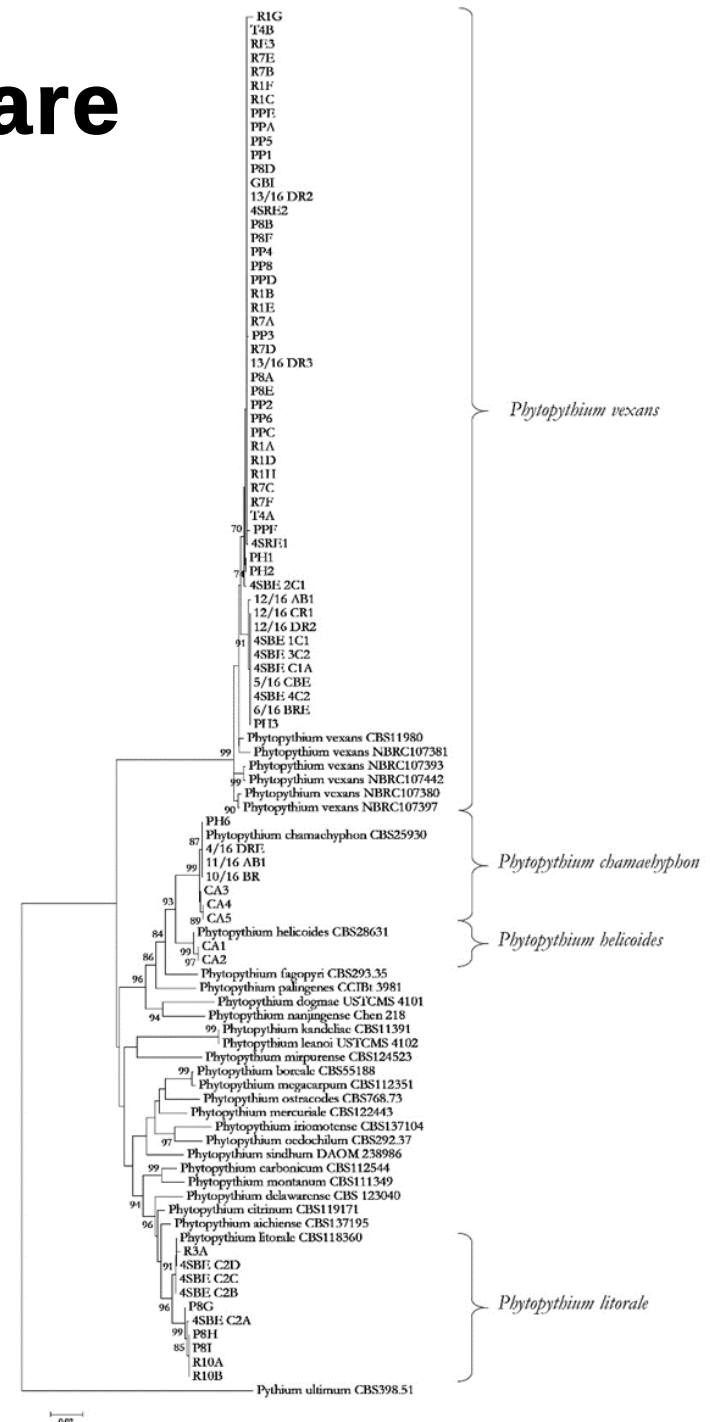


Identificazione molecolare

Caratterizzazione molecolare
degli isolati di *Phytophthora* spp.
basata su 3 geni



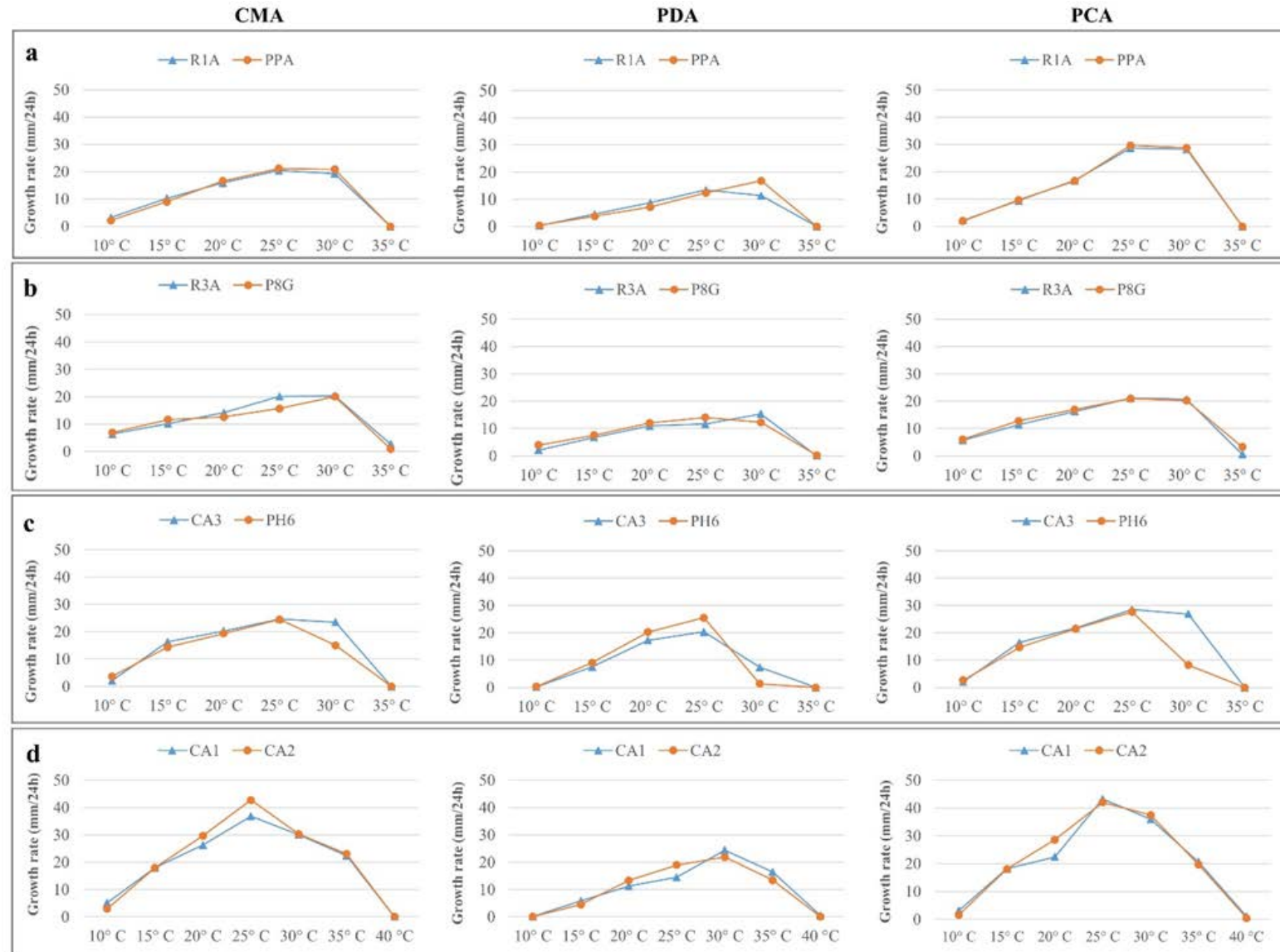
Best scoring Maximum Likelihood tree based on the concatenated ITS, LSU, and COI sequence datasets. The numbers at the major nodes indicate the bootstrap value from 1000 bootstrapped datasets. Branches with lower bootstrap values than 70% are not shown. Phylogeny was rooted by *Pythium ultimum*. Evolutionary analyses were conducted using MEGA.



Effetto della temperatura sulla crescita

Growth rate (mm/24h) of *Phytophthora* species in analysis onto CMA, PDA and PCA media after 5 days at different temperatures.

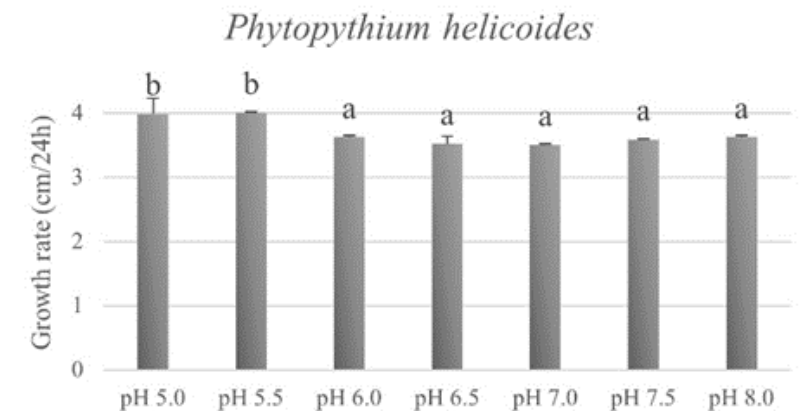
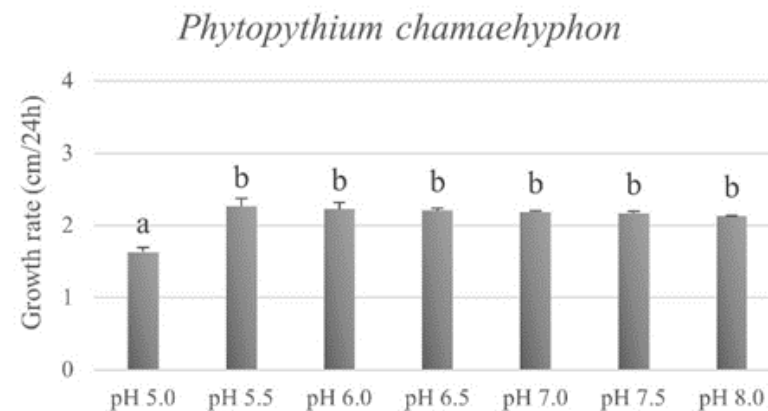
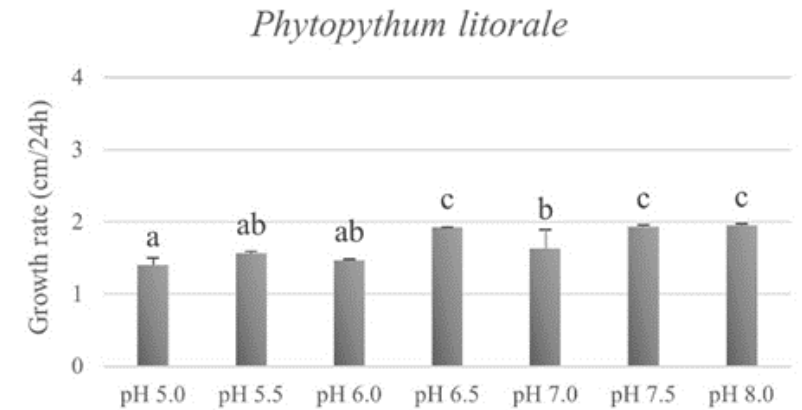
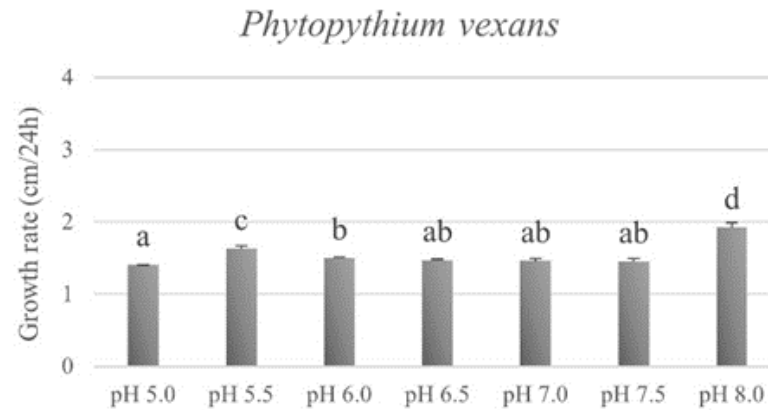
- a. *P. vexans* strains R1A and PPA;
- b. *P. litorale* strains R3A and P8G;
- c. *P. chamaehyphon* strains CA3 and PH6;
- d. *P. helicoides* strains CA1 and CA2.



Effetto del pH sulla crescita

Average growth rate (cm/24 h) of two strains per *Phytopythium* species grown onto PCA media after 5 days at 25°C.

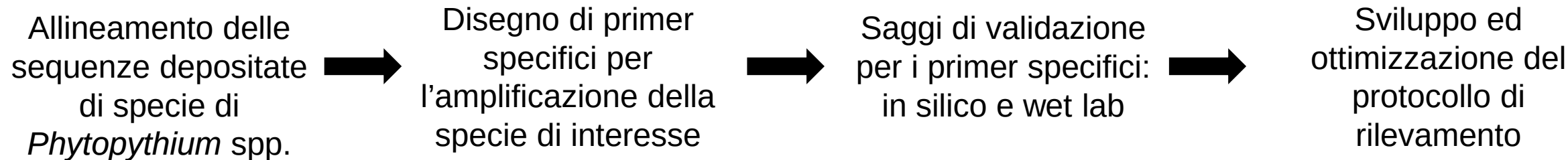
Values followed by the same letter are not statistically different by Tukey's test ($P \leq 0.05$).



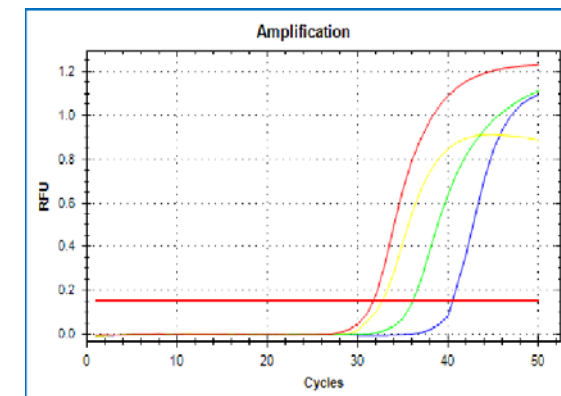
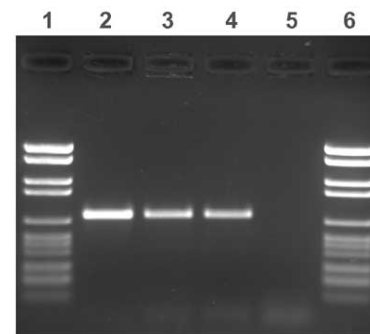
Sviluppo di un saggio diagnostico rapido



✓ Attività in collaborazione con l'Università di Udine



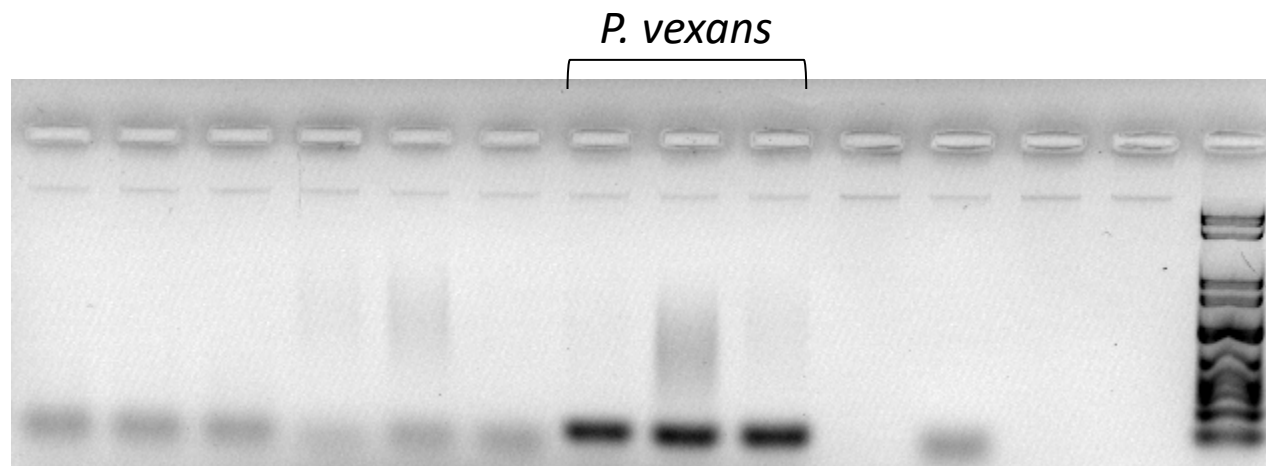
Primer3Plus
pick primers from a DNA sequence



Sviluppo di un saggio diagnostico rapido



- Sono state disegnate diverse coppie di primer specifiche per l'amplificazione della regione genica COI di *Phytophthium vexans*
- La coppia migliore, scelta per condizioni termodinamiche simili fra primer forward e reverse è stata verificata per specificità in PCR endpoint



- In corso: sviluppo del protocollo real time e verifica di sensibilità, specificità, ripetibilità

Campionamento di radici, rizosfera e suolo

Campionamento di
suolo e radici di
actinidi sani e
colpiti da moria
(anno 2021)



Conservazione dei
campioni a -80° per
preservare il DNA



Protocollo di
separazione della
rizosfera dalle radici
campionate ed
estrazione di DNA
da tutte le matrici



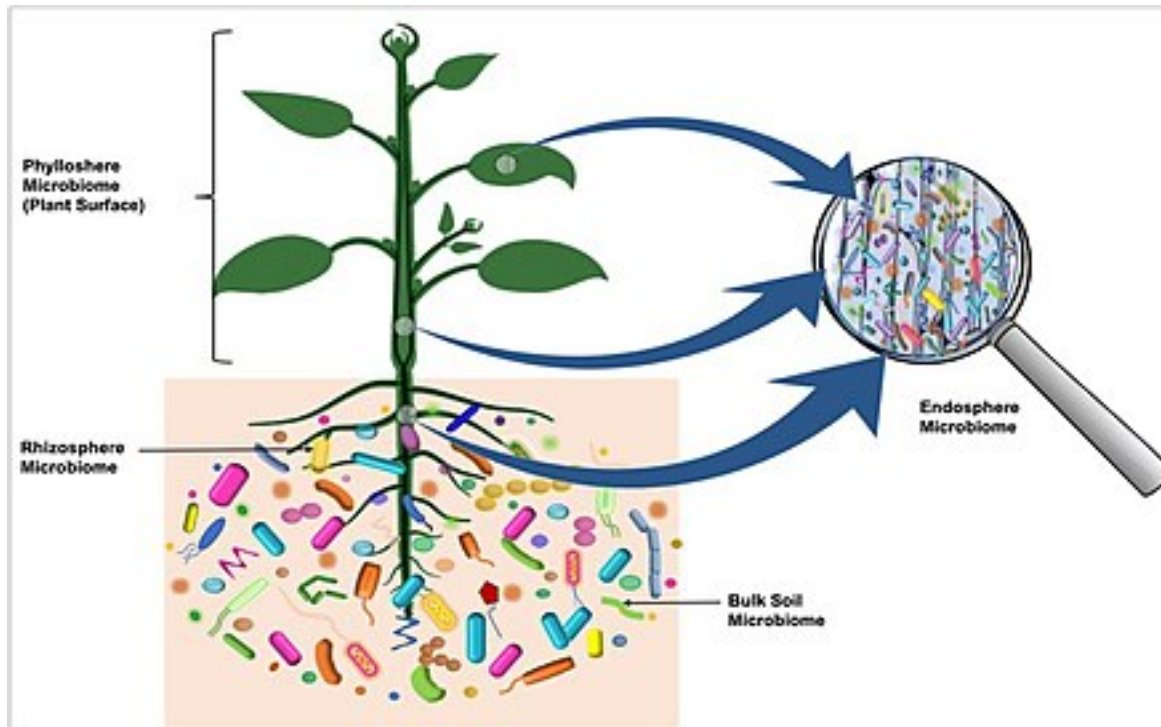
Caratterizzazione
del microbioma delle
radici



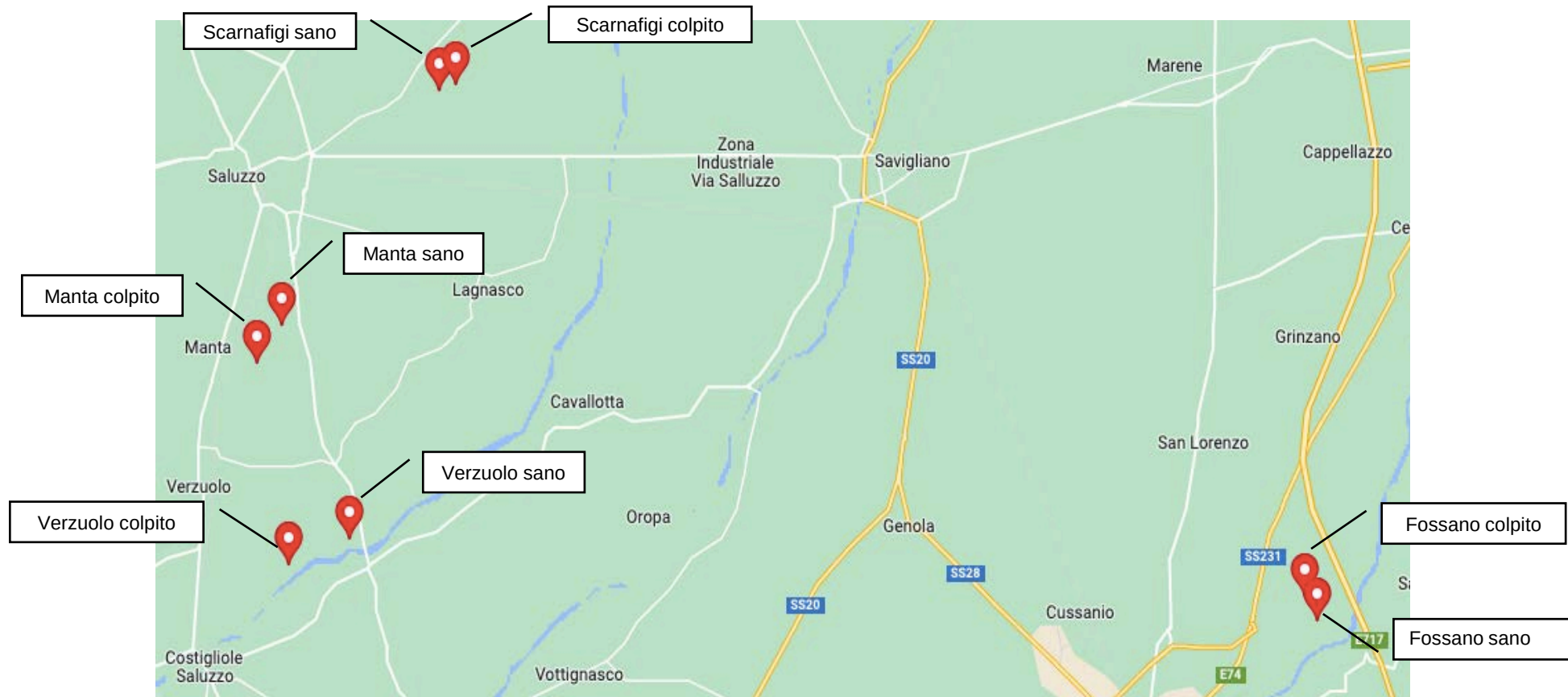
Caratterizzazione
del microbioma della
rizosfera



Caratterizzazione
del microbioma del
suolo



Otto campi in 4 comuni campionati



4 comuni

2 situazioni fitosanitarie

3 matrici: suolo, rizosfera e radici

5 replicazioni

Analisi di batteri, funghi ed oomiceti

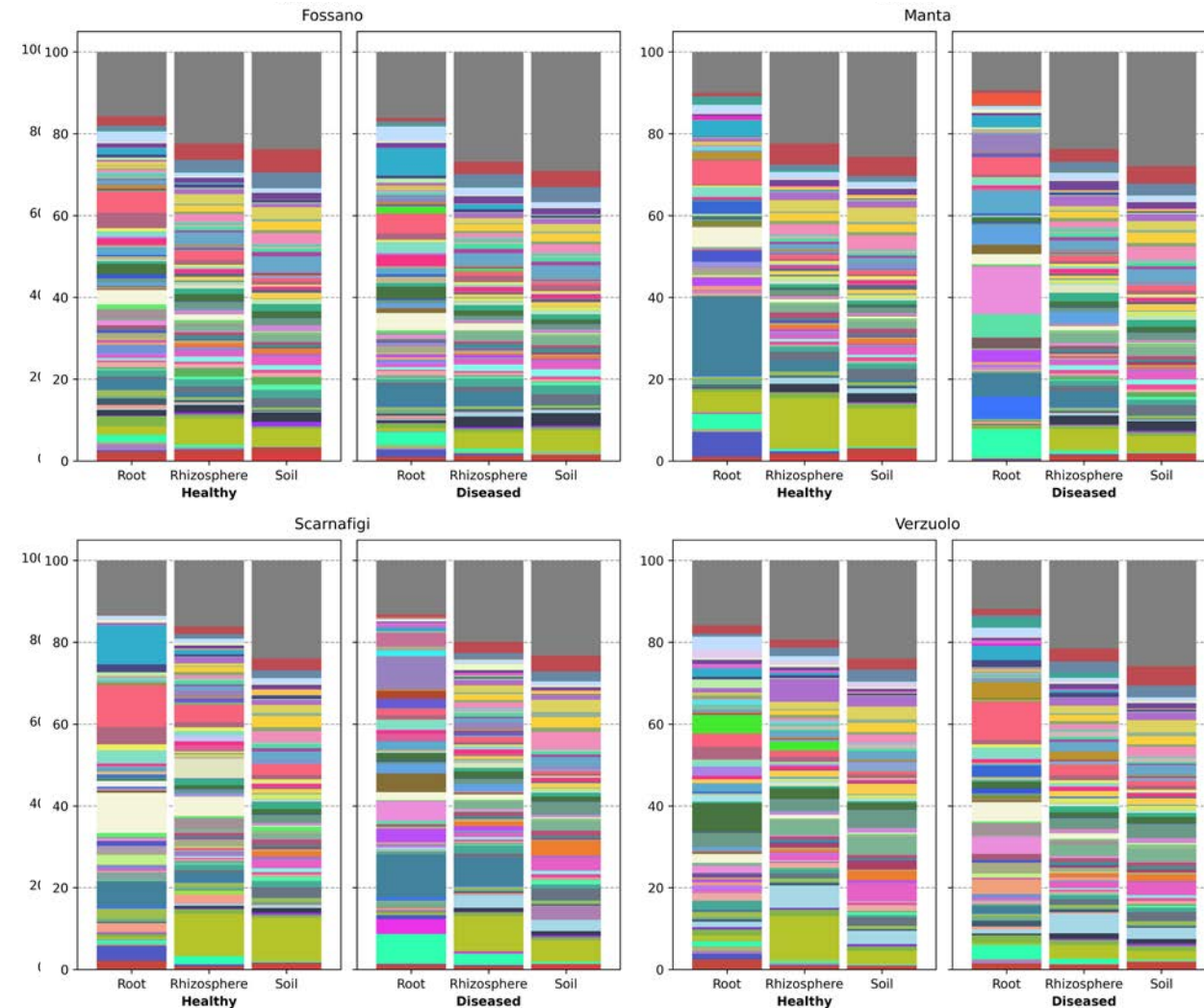
$$4 \times 2 \times 3 \times 5 \times 3 = 360 \text{ campioni}$$

Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli



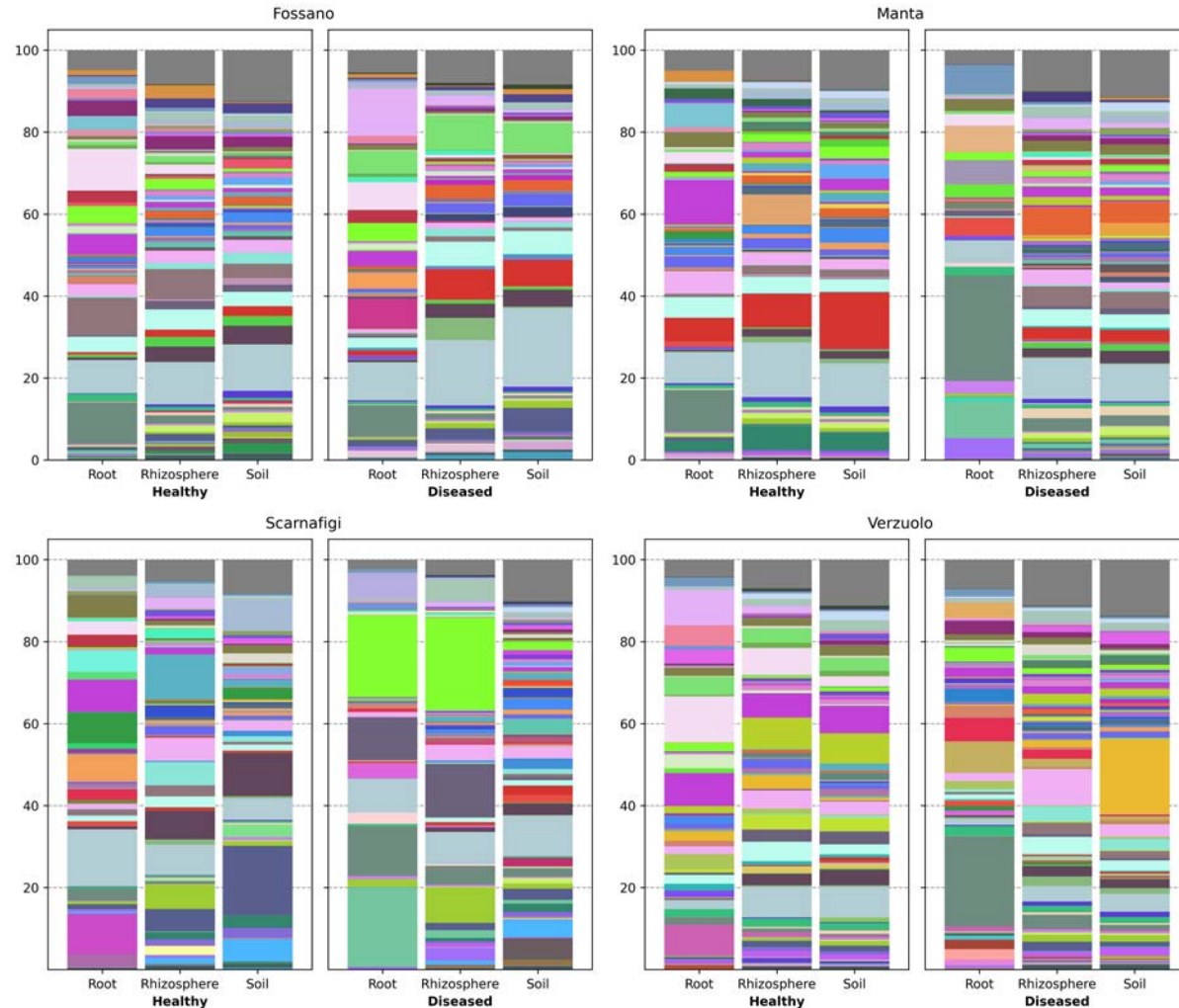
	SANO					COLPITO				
Identificativo finale	Manta	Scarnafigi	Fossano	Verzuolo	media	Manta	Scarnafigi	Fossano	Verzuolo	media
prelievo	I	I	I	I		I	I	I	I	
Argilla (%)	8,18	9,65	7,28	5,13	7,56	10,78	8,95	8,77	6,97	8,87
Limo totale (%)	48,10	43,40	33,08	25,55	37,53	49,02	45,15	31,95	36,88	40,75
Sabbia totale (%)	43,72	46,95	59,65	69,33	54,91	40,20	45,90	59,27	56,15	50,38
pH (acqua)	6,24	7,41	6,80	7,45	6,98	6,71	7,23	6,98	7,36	7,07
Calcare totale (%)	0,39	0,59	0,78	0,78	0,64	0,39	0,39	0,59	0,39	0,44
Sostanza org. (%) calcolata	2,047	2,358	3,803	2,514	2,68	1,389	1,841	4,170	2,496	2,47
Carbonio org. (%)	1,190	1,371	2,211	1,462	1,56	0,807	1,070	2,424	1,451	1,44
Azoto totale (%)	0,1551	0,1740	0,2430	0,1556	0,18	0,1008	0,1483	0,2789	0,1575	0,17
Rapporto C/N	7,7	7,9	9,1	9,4	8,51	8,0	7,2	8,7	9,2	8,28
CSC (meq/100g)	15,1	11,3	14,0	10,2	12,65	11,8	11,9	14,6	12,2	12,61
Calcio scamb. (ppm)	1709	1649	1701	1651	1677,34	1496	1570	1909	1904	1719,84
Calcio scamb. (meq/100g) calcolati	8,53	8,23	8,49	8,24	8,37	7,46	7,83	9,53	9,50	8,58
Calcio scamb. su CSC (%)	56,6	72,8	60,4	81,0	67,71	63,5	65,6	65,4	78,1	68,13
Magnesio scamb. (ppm)	157	163	144	101	141,40	159	174	192	118	160,62
Magnesio scamb. (meq/100g) calcolati	1,29	1,34	1,19	0,83	1,16	1,31	1,43	1,58	0,97	1,32
Magnesio scamb. su CSC (%)	8,6	11,9	8,5	8,2	9,27	11,1	12,0	10,8	8,0	10,47
Potassio scamb. (ppm)	76	474	437	89	268,91	99	71	482	61	178,19
Potassio scamb. (meq/100g)	0,195	1,212	1,117	0,227	0,69	0,254	0,181	1,232	0,157	0,46
Potassio scamb. su CSC (%)	0,013	0,107	0,080	0,022	0,06	0,022	0,015	0,085	0,013	0,03
Rapporto Ca/Mg	6,6	6,1	7,1	9,9	7,45	5,7	5,5	6,0	9,8	6,76
Rapporto Ca/K	43,7	6,8	7,6	36,3	23,60	29,4	43,4	7,7	60,7	35,29
Rapporto Mg/K	6,6	1,1	1,1	3,7	3,11	5,1	7,9	1,3	6,2	5,13
Saturaz. basica	66,4	95,4	76,8	91,5	82,53	76,7	79,0	84,7	87,3	81,95
Fosforo assim. (ppm)	17,2	95,6	179,4	52,8	86,25	43,7	21,2	186,4	41,5	73,20
Anidride fosforica assim. (ppm)	39,3	218,9	410,9	120,9	197,50	100,0	48,6	426,8	95,1	167,64
Ferro assim. (ppm)	150	75	132	45	100,51	86	51	147	56	84,92
Manganese assim. (ppm)	12,8	7,9	5,7	4,4	7,71	15,2	13,0	9,3	13,9	12,87
Zinco assim. (ppm)	2,6	2,3	14,5	6,5	6,50	3,6	1,8	18,2	6,5	7,51
Rame assim. (ppm)	4,7	2,2	13,5	13,5	8,49	5,7	4,9	11,7	25,3	11,91
B solubile ppm	0,2340	0,3380	0,4710	0,2530	0,32	0,3210	0,2460	0,4720	0,2060	0,31

Il microbioma batterico



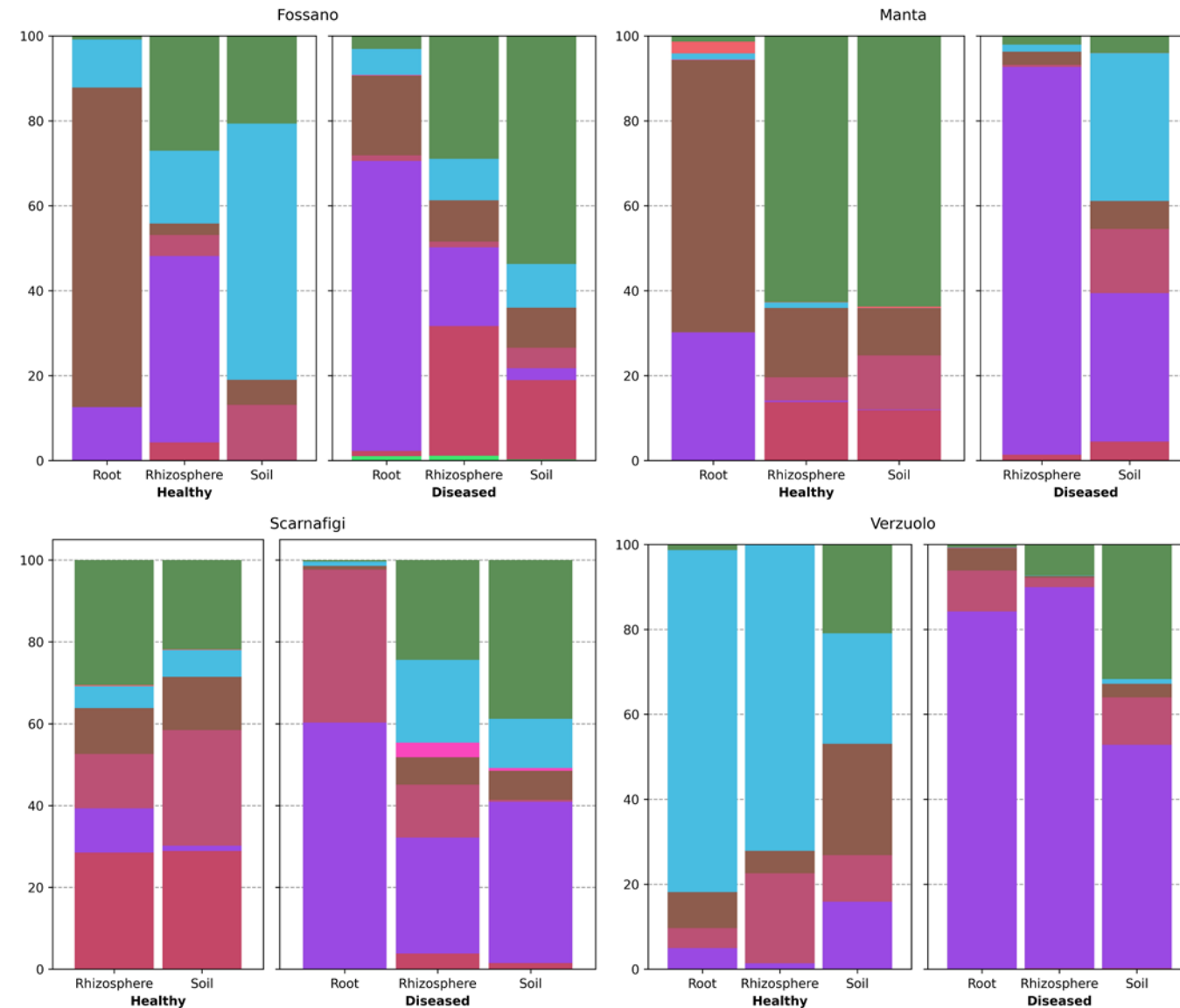
- Nei suoli e nella rizosfera *Bacillus* è il genere più abbondante sia in campi sani sia colpiti.
- Nelle radici dei campi sani il genere più abbondante è *Acidovorax*, mentre *Niastella* e *Allorhizobium* sono i generi più presenti nei campi colpiti.
- La diversità dei batteri risulta correlata con la matrice considerata ed il sito di campionamento.

Il microbioma fungino



- Nel suolo *Gibelluliopsis* è il genere più abbondante sia in campi sani sia colpiti, seguito da *Mortierella* spp.
- Nella rizosfera *Fusarium* spp. è il genere più abbondante indipendentemente dallo stato di salute del campo. Seguito da *Linnemannia* e *Talaromyces* nei campi sani e da *Linnemannia* e *Dactylonectria* nei campi colpiti.
- Nelle radici *Dactylonectria* è più abbondante nei campi malati ma è presente anche nei sani con abbondanza relativa minore.
- La diversità dei funghi è correlata al luogo di campionamento e allo stato di salute dell'actinidiato.

Gli oomiceti presenti

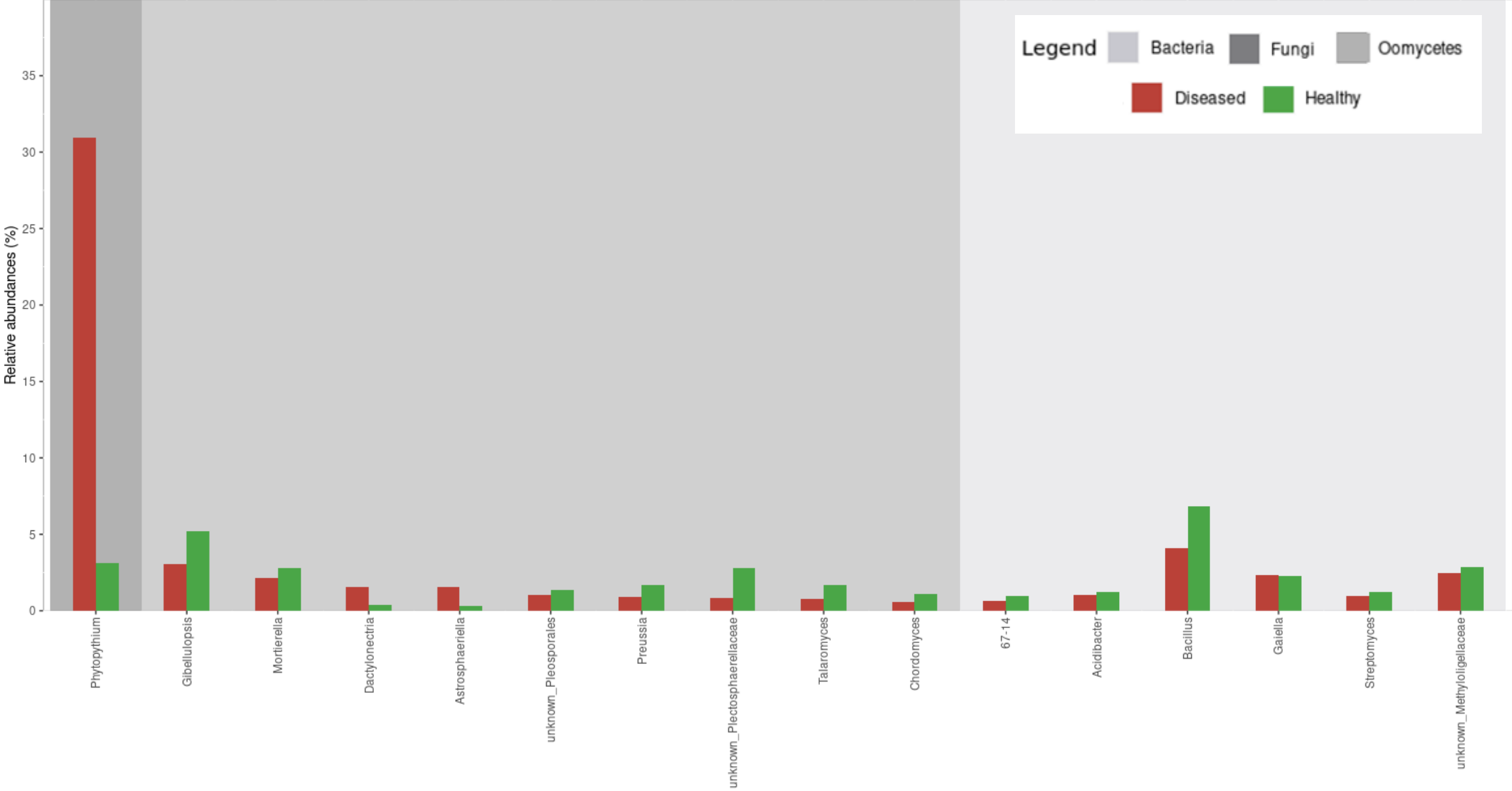


- *Phytophthora* è presente sia nei campi sani che colpiti, ma in quantità differenti
- La presenza di *Phytophthora* correla in modo statisticamente significativo con la presenza di moria
- *Phytophthora* è presente ma in abbondanza relativa minore a 1%

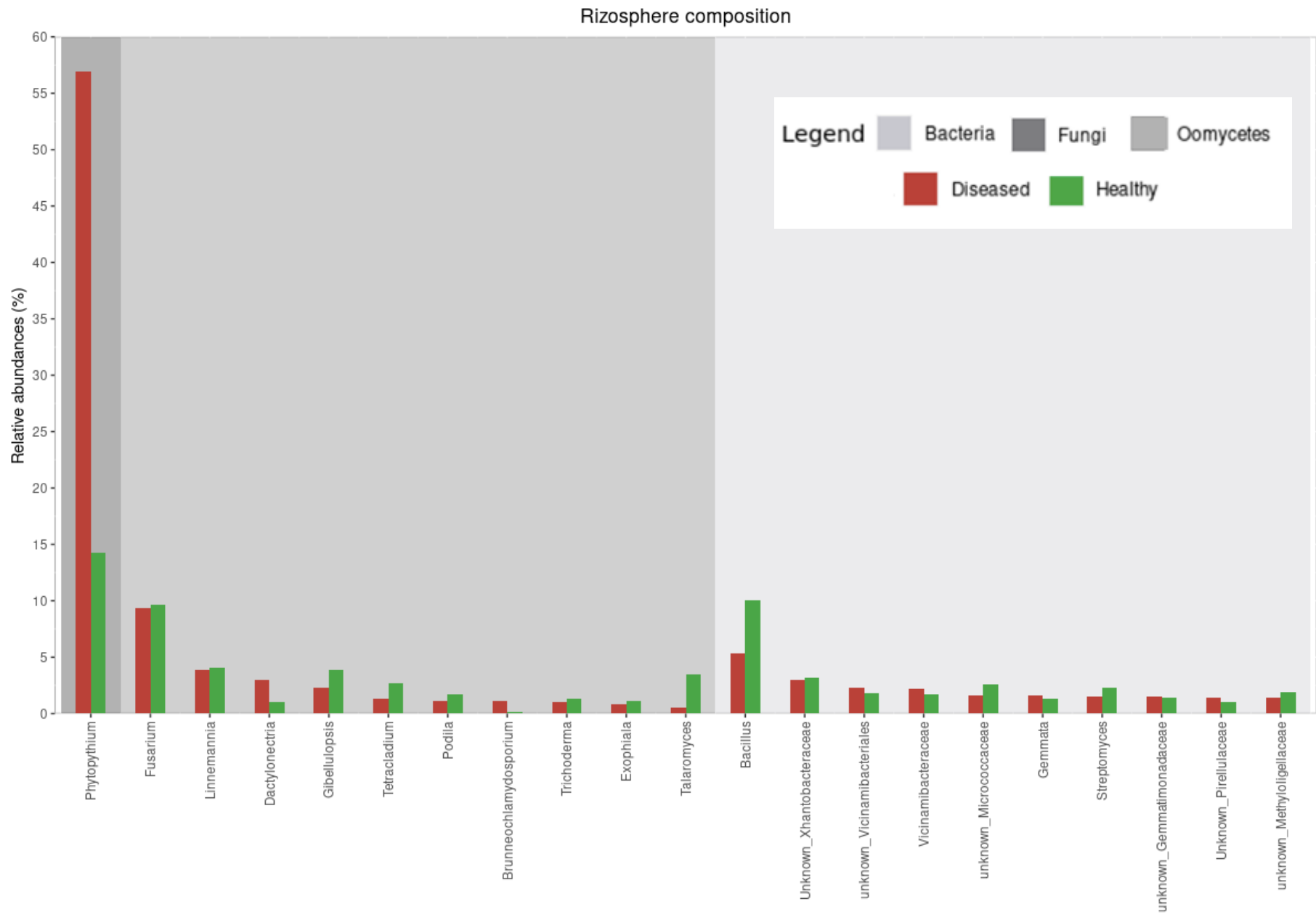
I microrganismi maggiormente modificati nei suoli



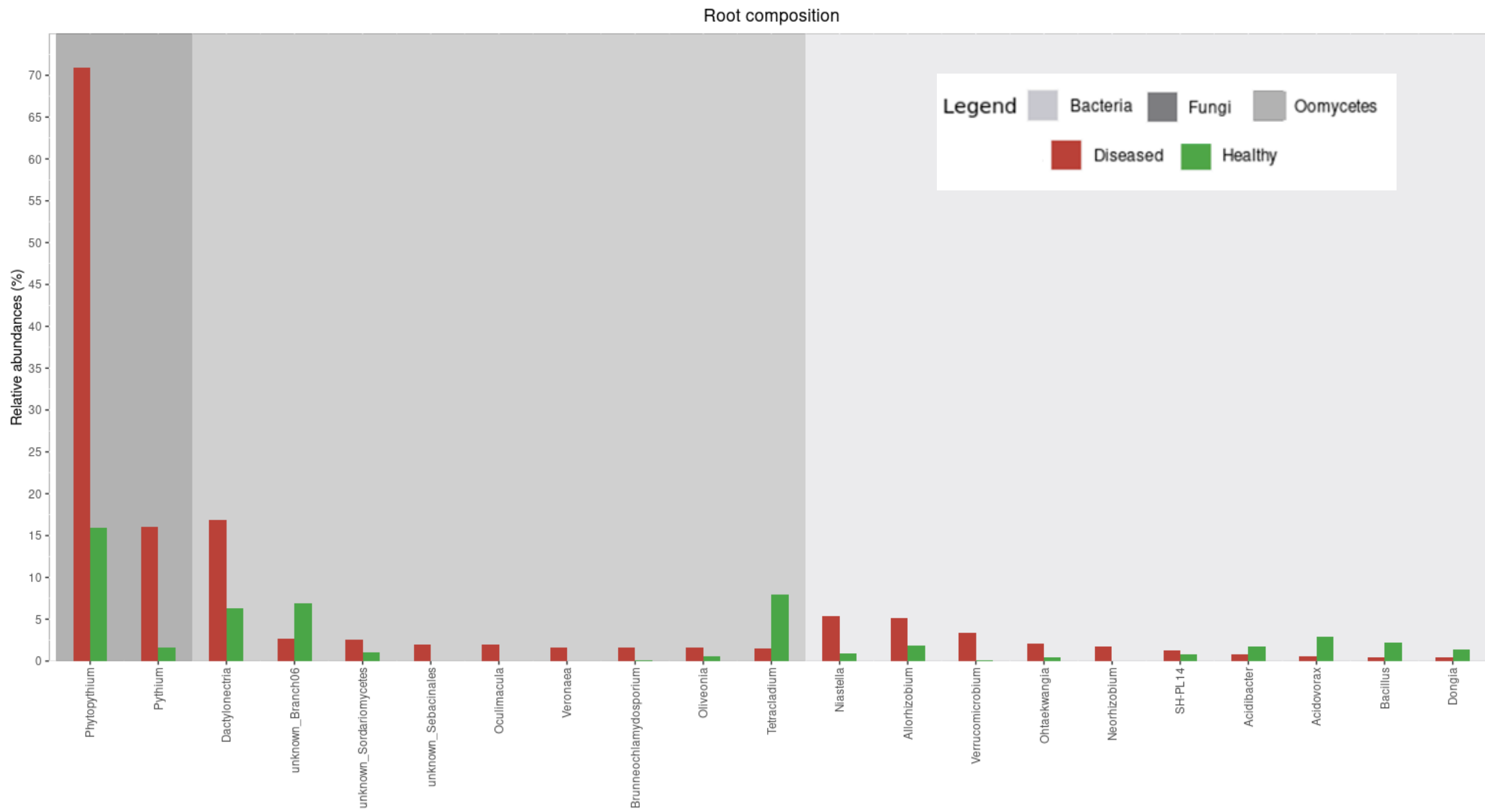
Soil composition



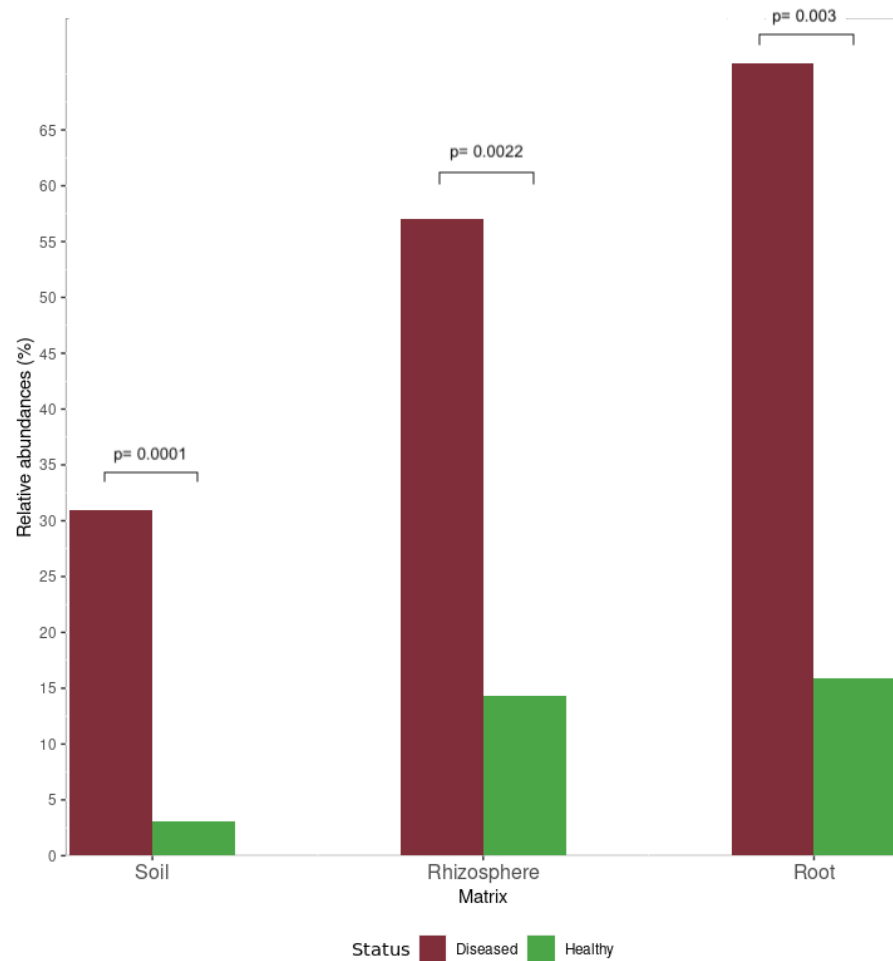
I microrganismi maggiormente modificati nella rizosfera



I microrganismi maggiormente modificati nelle radici



L'abbondanza di *Phytophthium* spp. in suoli, rizosfera e radici



- *Phytophthium* è presente in tutte le matrici considerate.
- La presenza di *Phytophthium* correla in modo statisticamente significativo con la presenza di moria.
- Dagli stessi siti considerati in questo studio sono state isolate diverse specie di *Phytophthium* per diversi anni.

MANTA: *P. vexans*, *Pythium intermedium*, *P. litorale*, *P. helicoides*, *P. chamaehyphon*

SCARNAFIGI: *P. vexans*

FOSSANO: *P. vexans*

VERZUOLO: *P. helicoides*, *P. chamaehyphon*

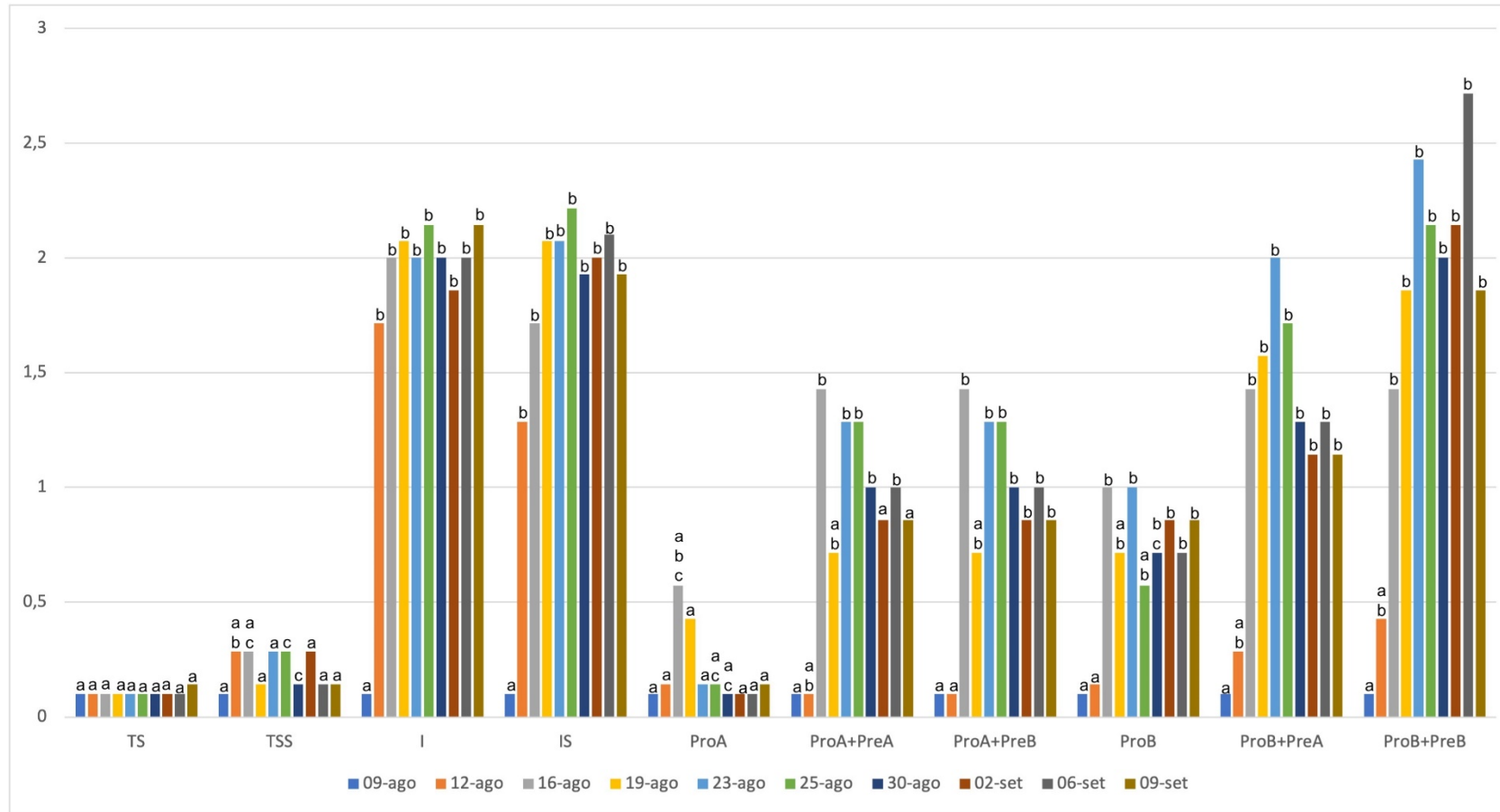
Conclusioni

- 1 – Da radici colpite da moria, quasi sempre isolato *Phytophthora* spp. (dal 2016 al 2022).
- 2 – Tra gli isolati, netta prevalenza di *P. vexans*.
- 3 – I sintomi sono stati riprodotti quando piante sottoposte a breve sommersione e inoculate con *Phytophthora* spp. o a lunga sommersione, non quando erano solo brevemente sommerse.
- 4 – Oomiceti favoriti da ristagno idrico ed aumento della temperatura del suolo.
- 5 – Non è stata trovata alcuna correlazione con le caratteristiche chimico-fisiche dei suoli.
- 6 – *Phytophthora* spp. e *Phytophthora* spp. isolati da UNIUD (da suoli infetti) e UNIRC (metodo baiting).
- 7 – Sviluppo di test diagnostico
- 8 – Analisi della microflora delle radici, della rizosfera e dei suoli colpiti: netta prevalenza di *Phytophthora* spp.

Prospettive

- 1 – Modificare il microclima della pianta per abbassare l'evapotraspirazione e la condizione di stress
- 2 – Modificare il microclima del suolo per abbassare la temperatura e sfavorire il ristagno idrico
- 3 – Modificare la microflora del suolo per sfavorire lo sviluppo di oomiceti (consorzi microbici e/o trattamenti)

Potenziale ruolo di prebiotici e microrganismi contro la moria



Ringraziamenti

Laura Morone

Lorenzo Berra

Luca Nari

Laura Cimo

Micol Guaschino

Marco Garelo

Simona Prencipe

Giada Schiavon

Marco Rosati

Paolo Ermacora

Marta Martini

Leonardo Schena



Laura Bardi



Giorgio Gambino



Davide Neri