

● PROVE SVOLTE NEL 2020 E NEL 2021 IN SICILIA, PUGLIA, BASILICATA, CAMPANIA, LAZIO E LOMBARDIA

Solarizzazione alternativa alla fumigazione? Ora è possibile

di P. Mormile, O. Mancino, E. Tucci, M. Rippa

Il trattamento di un terreno rappresenta una pratica comune, necessaria e spesso indispensabile per poter ripartire con un nuovo ciclo produttivo, liberandolo da agenti patogeni la cui presenza potrebbe compromettere seriamente il raccolto.

Fumigazione e solarizzazione

Esistono due approcci metodologici completamente diversi tra loro sia sul piano tecnico che concettuale: la **fumigazione**, basata sull'uso di agenti chimici (fumiganti) che sterilizzano il terreno eliminando i patogeni «negativi», ma anche quelli «positivi» (microorganismi) che rappresentano la fertilità del suolo; la **solarizzazione**, metodo naturale che sfrutta l'energia solare per riscaldare il terreno fino a temperature letali per i patogeni «negativi».

Vantaggi e svantaggi della fumigazione. Questo metodo punta a «**tutto e subito**»; la componente gassosa degli agenti chimici aggredisce ogni patogeno e nel giro di pochi giorni il terreno è depauperato di ogni forma vivente al punto che deve essere «rigenerato» prima di ospitare una nuova coltivazione. Gli svantaggi maggiori dei diversi fumiganti presenti sul mercato sono il loro impatto ambientale, rappresentato dall'inquinamento dell'atmosfera e delle falde acquifere, dalla presenza di residui e accumuli nei terreni, dalla probabile pericolosità per la salute degli operatori e delle persone in zone limitrofe al campo trattato, dai fastidiosi odori percepiti anche in zone urbane limitrofe, e, non ultimo, dai notevoli costi per la messa in opera. Tale situazione, in assenza di valide alternative, viene tollerata procrastinando anno per anno l'uso di taluni fumiganti o vietandone la vendita con scadenze imposte dalle autorità sanitarie in presenza di pericolosità accertate per la salute umana.

Un liquido biodegradabile di colore nero da spruzzare sul terreno dopo l'irrigazione del campo e prima della stesura dei film plastici impiegati per la solarizzazione: questo il sistema innovativo che permette di aumentare le temperature a diverse profondità tali da eliminare, tramite una naturale azione termica, la maggior parte dei patogeni in soli 30 giorni

Vantaggi e svantaggi della solarizzazione. La solarizzazione sfrutta il calore del sole per riscaldare il terreno fino a temperature tali da eliminare i patogeni negativi (animali e vegetali) risparmiando i microorganismi che per loro natura hanno un'elevata difesa alle alte temperature. Tale pratica si basa sull'uso di film di plastica con specifiche proprietà termo-ottiche fondamentali per assicurare il meccanismo di accumulo di calore nel terreno necessario per l'aumento di temperature a varie profondità e in funzione del tempo. Per avere risultati soddisfacenti è indispensabile l'impiego di un ottimo telo, la messa in opera «da protocollo» e un tempo d'attesa di 50-60 giorni. Quest'ultimo requisito rappresenta la maggiore criticità della solarizzazione (troppi giorni di fermo colturale) che spesso, specialmente in al-

cune aree geografiche e contesti produttivi, è messa da parte favorendo la fumigazione.

Un nuovo sistema di solarizzazione

Per eliminare tale criticità negli ultimi cinque anni abbiamo prima studiato e successivamente testato e validato un nuovo sistema di solarizzazione che prevede l'utilizzo di un liquido biodegradabile di colore nero da spruzzare sul terreno dopo l'irrigazione del campo e prima della stesura dei film plastici impiegati per la solarizzazione.

Il sistema altamente innovativo (foto 1), inventato e brevettato dalla PolyEur srl di Benevento, **simula l'azione di un pannello solare termico per la produzione di acqua calda per uso civile**. Questo modello innovativo è costituito da un fondo nero (terreno ricoperto da un liquido nero biodegradabile) e da una copertura termica (film di solarizzazione), in grado di trasmettere quasi totalmente la radiazione solare incidente e di bloccare la radiazione IR emessa dal suolo. Grazie a questo metodo innovativo ibrido è possibile aumentare ulteriormente la temperatura a diverse profondità del suolo, fino a 10-12 °C.

Le prove svolte

Questo nuovo metodo è stato testato in diverse condizioni pedoclimatiche e strutture serricole, con diversi materiali (film plastici e concentrazione di liquido nero) su diversi tipi di terreno. Le prove



Foto 1 Parcella trattata con il liquido nero biodegradabile spruzzato sul terreno, prima di ricoprirlo con un film di solarizzazione

Com'è stata impostata la prova

TESI A CONFRONTO. Per confrontare il sistema innovativo di solarizzazione del suolo con uno dei più comuni metodi di fumigazione basati sull'utilizzo di dazomet, è stato predisposto un allestimento sperimentale, all'interno di una serra, costituita da 4 parcelle di dimensione 4 × 6 m, presso l'azienda agricola Altamura situata nella Piana del Sele (Salerno).

Le parcelle sono state così suddivise:

- 1 - terreno nudo;
- 2 - solarizzazione tradizionale;
- 3 - solarizzazione innovativa;
- 4 - fumigazione.

In ogni parcella sono stati interrati i T-bag (sacchetti contenenti i miceti dei singoli patogeni) a 25 cm di profondità. P2 e P3 sono state preparate secondo il protocollo di solarizzazione, dopo l'irrigazione solo su P3 è stato spruzzato il liquido nero. Entrambe sono state coperte con telo solarizzante e ben chiuse lungo il loro perimetro, in accordo al protocollo classico. P4 è stata trattata con fumigazione Basamid alla dose di 70 g/m² e ricoperta con VIF (Virtually impermeable film).

La prova è iniziata l'1-7-2020 e si è conclusa dopo 30 giorni.

PREPARAZIONE DEGLI AGENTI PATOGENI. La sperimentazione è stata condotta per valutare l'attività contro *Rhizoctonia* sp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Phytophthora* sp. utilizzando sacchetti realizzati con una rete elastica (T-bag) interrata nel terreno (foto A), contenenti miceti dei singoli patogeni.

I campioni sono stati preparati presso il Centro di sperimentazione e assistenza agricola (CeRSAA) di Albenga,



Foto A T-bag contenenti i cinque patogeni prima dell'interramento nel terreno

con la seguente concentrazione di agenti patogeni:

- *Fusarium oxysporum lycopersici* (FOL) 1 × 10⁶/g;
- *Rhizoctonia solani* 1 × 10⁶/g;
- *Sclerotinia sclerotiorum* 1 × 10⁶/g;
- *Phytophthora cactorum* 1 × 10⁴/g.

Per ogni agente patogeno è stato prodotto un inoculo artificiale utilizzando chicchi di grano e lasciato crescere per 3 settimane.

Nel corso del 2021 sono state ripetute le prove in 9 aziende agricole (da Vittoria in Sicilia a Crema) prendendo in considerazione, per ciascun test, solo due parcelle per i confronti diretti tra la solarizzazione integrale e la fumigazione a base di dazomet. Anche per queste prove sono stati inoculati i 4 patogeni in ciascuna parcella al «tempo zero» e dopo 30 giorni i sacchetti contenenti i residui sono stati inviati al CeRSAA, per l'analisi della vitalità degli stessi, post-trattamento. ●

sono state eseguite con l'obiettivo di dimostrare che le temperature registrate nel terreno a diverse profondità erano più elevate nel caso del nuovo metodo di solarizzazione rispetto a quello tradizionale, grazie al contributo della sottilissima pellicola di colore nero che si forma sulla superficie del terreno e che funge da collettore solare. Recentemente, è stato organizzato in Cina uno studio volto a valutare gli effetti dei metodi di disinfezione chimica (dazomet e clopicrina) e fisica (Solin) del suolo sulle comunità batteriche del suolo.

I risultati sperimentali hanno confermato che uno dei principali vantaggi della solarizzazione è quello di preservare i microrganismi, gli «agenti positivi» secondo la teoria di Katan, molto utili per la fertilità dei terreni.

Solarizzazione vs fumigazione

Per implementare lo stato dell'arte della nuova solarizzazione, l'anno scorso (2020)

è stata organizzata una prova per confrontare le due principali pratiche per il trattamento del suolo: nuova solarizzazione e fumigazione. Il confronto si è basato sul controllo della vitalità di alcuni patogeni molto comuni dopo 30 giorni dal loro inoculo nel terreno. La percentuale dei patogeni rimasti in vita (vitalità), verificata per ogni parcella dopo 1 mese, ha indicato l'efficacia dei diversi metodi testati. Quest'anno, sulla scia degli ottimi risultati raggiunti nel 2020, sono state ripetute le prove

in un contesto più ampio, coinvolgendo aziende agricole in Sicilia, Puglia, Basilicata, Campania, Lazio e Lombardia. I risultati, oltre a confermare quelli raccolti il primo anno, hanno validato il nuovo sistema di solarizzazione, indicandolo come valida alternativa alla fumigazione, non solo per la sua efficacia ma anche per il potenziale supporto a un'agricoltura attenta alle problematiche ambientali e rispettosa della salute umana.

Risultati delle prove

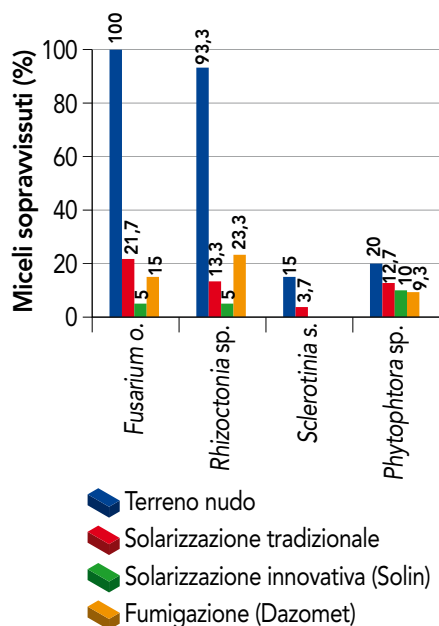
2020. I T-bag (sacchetti realizzati con una rete elastica interrata nel terreno contenenti miceti dei singoli patogeni) recuperati da ogni parcella al termine della sperimentazione, sono stati inviati al laboratorio per il controllo dei patogeni dopo i diversi trattamenti. La sopravvivenza di ciascun patogeno è stata valutata contando le cariossidi che hanno sviluppa-

TABELLA 1 - Miceli sopravvissuti per ciascun trattamento nelle 4 parcelle adottate per la prova comparativa (%)

Agente patogeno	Parcelle in prova (1)			
	P1 (terreno nudo)	P2 (solarizzaz. tradizionale)	P3 (solarizz. innovativa Solin)	P4 (fumigazione Dazomet)
<i>Fusarium o.</i>	100	15	5,0	21,7
<i>Rhizoctonia sp.</i>	93,3	23,3	5,0	13,3
<i>Sclerotinia s.</i>	65	0	0	3,7
<i>Phytophthora sp.</i>	70	10	9,3	12,7

(1) P1 = terreno nudo; P2 = solarizzazione tradizionale; P3 = solarizzazione innovativa con Solin; P4 = solarizzazione con dazomet.

GRAFICO 1 - Miceli sopravvissuti per ciascun trattamento nelle 4 parcelle adottate per la prova comparativa 2020



È importante notare come il sistema Solin riesca a garantire una maggiore capacità di eliminare i patogeni inoculati nel terreno.

to il micelio del patogeno inoculato e sono espressi come percentuale di cariossidi infetti. I dati sono riportati nel grafico 1. Nella parcella P1 non trattata, la vitalità dei patogeni è molto elevata, come previsto, mentre nella parcella P2, secondo i risultati standard ottenuti con la solarizzazione tradizionale utilizzando apposite coperture plastiche, la vitalità diminuisce notevolmente, grazie anche alle temperature rilevate durante la prova che hanno raggiunto i 70 °C a 5 cm di profondità, temperatura letale per la maggior parte delle comuni malattie fungine. Tale temperatura è stata misurata durante la prova con una termocoppia IEC-RS (tipo K) alimentata da RS Digital Thermometer 1319A.

I risultati più interessanti sono emersi dal confronto tra le parcelle P3 e P4. Come mostrato in tabella 1, si registra una drastica diminuzione della maggior parte dei patogeni inoculati nella parcella P3 rispetto a P1. Il confronto tra le parcelle P3 e P4, vero obiettivo della sperimentazione, mostra un risultato estremamente interessante perché conferma, per la prima volta, che la nuova solarizzazione è in grado di eliminare i patogeni nel

terreno con una percentuale maggiore rispetto a uno dei metodi più comuni di fumigazione come dazomet.

2021. Nelle aziende coinvolte sono state confrontate direttamente due parcelle: una trattata con il Solin e l'altra con il dazomet. Anche in questi casi la durata dei test è stata di soli 30 giorni.

Data la complessità della gestione dei tempi ristretti (preparazione dei sacchetti contenenti i miceli al CeR-SAA - Centro di sperimentazione e assistenza agricola, spedizione veloce nelle aziende, messa in opera e ritiro post-trattamenti) le prove, dalla prima all'ultima, hanno coperto un lasso di tempo di due mesi. Il primo test è stato fatto a fine maggio e l'ultimo a fine luglio. Questo «spread» delle prove è risultato comunque positivo perché ha coinciso esattamente con il periodo utilizzato in Italia per solarizzare i terreni e ha indicato un periodo di applicazione abbastanza lungo per assecondare le diverse esigenze culturali riscontrate a varie latitudini.

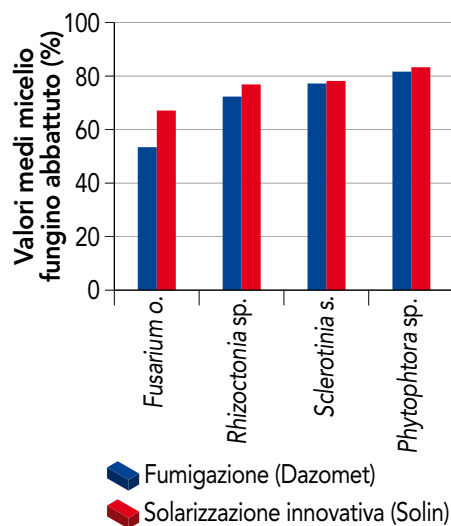
Per meglio evidenziare i confronti sull'efficacia dei due approcci metodologici, adottati per il trattamento delle particelle, si riportano nei grafici consultabili online all'indirizzo riportato a fine articolo le percentuali di micelio fungino abbattuto rispetto ai vari patogeni considerati ottenuti in tutte le aziende coinvolte. Nel grafico 2 si riportano i valori medi della percentuale di micelio abbattuto confrontando direttamente l'efficacia del Solin con la fumigazione dazomet.

Benefici per il terreno e l'ambiente

Il nuovo sistema testato, grazie anche alle elevate proprietà ottiche del film plastico di copertura, è in grado di aumentare le temperature a diverse profondità tali da eliminare, attraverso una naturale azione termica, la maggior parte dei patogeni in soli 30 giorni.

I risultati dimostrano che è possibile introdurre in agricoltura una nuova solarizzazione a «impatto zero» per la sostenibilità ambientale, senza ricorrere necessariamente alla fumigazione del suolo. L'impiego di carbone vegetale previsto dal metodo Solin (film plastico più liquido nero) rappresenta un deciso apporto benefico anche alla natura biochimica del terreno, come riportato in molti articoli scientifici pre-

GRAFICO 2 - Micelio fungino abbattuto per ciascun patogeno nel 2021 (dati medi di tutte le prove)



Il grafico evidenzia la maggiore efficacia del Solin rispetto alla fumigazione nell'abbattimento delle più comuni malattie fungine presenti nei nostri terreni.

senti in letteratura (Agegnehua et al., 2017). I vantaggi accertati offerti dalla presenza di polvere di carbone nel terreno sono innumerevoli (migliora il pH del terreno, ottimo ammendante, filtra le impurità, aumenta l'efficienza della fotosintesi e la fertilità, trattiene i metalli pesanti e garantisce un elevato livello di sequestro della CO₂). Un'ultima considerazione sulla differenza di costi per ettaro tra i due approcci riportati nel presente articolo: il metodo Solin costa meno della metà rispetto alla fumigazione.

Pasquale Mormile, Massimo Rippa

Istituto di scienze applicate e sistemi intelligenti del Cnr (Isasi-Cnr) - Pozzuoli (Napoli)

Orazio Mancino

Sele Agrosresearch srl - Pontecagnano (Salerno)

Elia Tucci

PolyEur srl - Contrada Olivola (Benevento)

Questo articolo è corredato di bibliografia/contenuti extra. Gli Abbonati potranno scaricare il contenuto completo dalla Banca Dati Articoli in formato PDF su: www.informatoreagrario.it/bdo

Solarizzazione alternativa alla fumigazione? Ora è possibile

BIBLIOGRAFIA

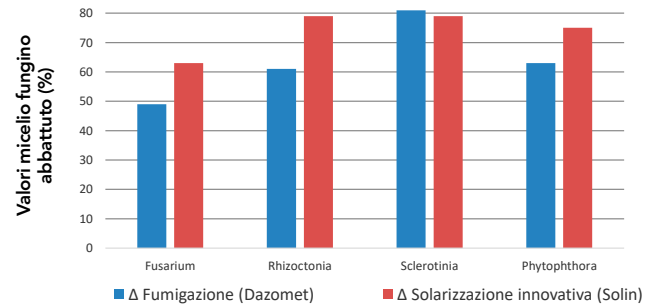
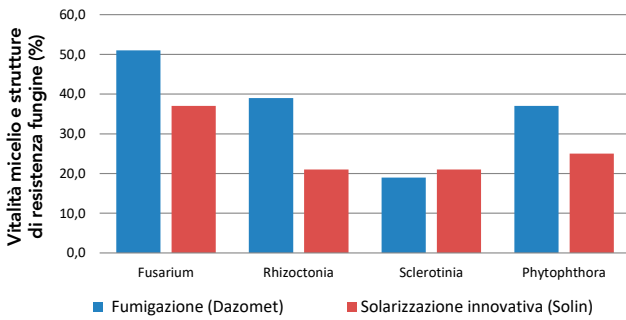
- Katan J., Greenberger A., Alon H., Grinstein A. (1976) - «Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens». *Phytopathology* 66, 683-688.
- Katan J., De Vay J. E. (1991) - «Soil solarization», CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Katan J. (1992) - «Soil Solarization Research as a model for the development of New methods of disease control», *Phytoparasitica* 20, S133. <https://doi.org/10.1007/BF02980424>.
- Jun Li, Bin Huang, Qiuxia Wang, Yuan Li, Wensheng Fang, Dongdong Yan, Meixia Guo, Aocheng Cao (2017) - Effect of fumigation with chloropicrin on soil bacterial communities and genes encoding key enzymes involved in nitrogen cycling. *Environmental Pollution*, 227, 534-542. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.076>
- Wang Q., Yan D., Wang X., Lü P., Li X., Cao A. (2017) - «Research advances in soil fumigants» *J. Plant Prot.*, 44, 529-543.
- Bell C.H. (2000) - «Fumigation in the 21st century», *Crop. Prot.*, 19, 563-569.
- Yates S.R., Gan J., Papiernik S.K., Dungan R.S., Wang D. (2002) - «Reducing Fumigant Emissions After Soil Application», *Phytopathology* 92, 1344-1348.
- Long G. (2008) - «The method of disinfection of facility soil with drugs», *Hum. Agriculture*, 18.
- Mormile P., Rippa M., Petti L. (2013) - «A combined system for a more efficient soil solarization», *Plasticulture*, 10 (132): 44-55.
- Mormile P., Rippa M., Petti L., Immirzi B., Malinconico M., Lahoz E., Morra L. (2016) - «Improvement of Soil Solarization through a Hybrid System Simulating a Solar Hot Water Panel», *J. Adv. Agric. Technol.* 3 (3), 226-230.
- M. Bencivenga (PolyEur srl in Benevento), Patent N° 102017000064527 entitled: «Biodegradable black liquid for integrated solarization» with trademark: «SOLIN».
- L. Morra R. Carrieria F., Fornasier P. Mormile M., Rippa S., Baiano M., Cermola G., Piccirillo E. Lahoz (2018) - «Solarization working like a solar hot panel after compost addition sanitizes soil in thirty days and preserves soil fertility». *Applied Soil Ecology* 126, 65-74.
- C. Yun, E. Liu, M. Rippa, P. Mormile, D. Sun, C. Yan and Q. Liu (2020) - «Effects of Chemical and Solar Soil Disinfection Methods on Soil Bacterial Communities», *Sustainability*, 12, 9833; [doi:10.3390/su12239833](https://doi.org/10.3390/su12239833).
- G. Agegnehu, A.K. Srivastava, M. I. Birda (2017) - «The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review», *Applied Soil Ecology* 119, 156-170.
- G. Bongiorno, E. K. Bünemann, C. U. Ogueji, J. Meier, G. Gort, R. Comans, P. Mäder, L. Brussaard and R. de Gooijer (2019) - «Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe», *Ecological Indicators* 99, 38-50.
- P. Campling, E. Dupon, I. Joris, E. Kersebaers, S. Lammens, L. Messely, E. Pauwelyn, P. Seuntjens, E. Wauters (2018) - «Engagement of Actors in Sustainable Use of Chemicals in Agriculture». *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*, Volume 2, pag. 23-62.
- A. Sufian, U. Chandra, S. Das, D. Chettri (2020) - «Advancements in Agriculture Strategies and Environmental Impact: A Review» Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3516438>.

RIASSUNTO

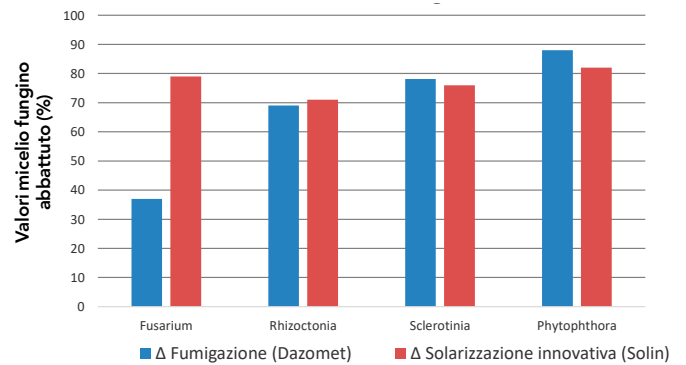
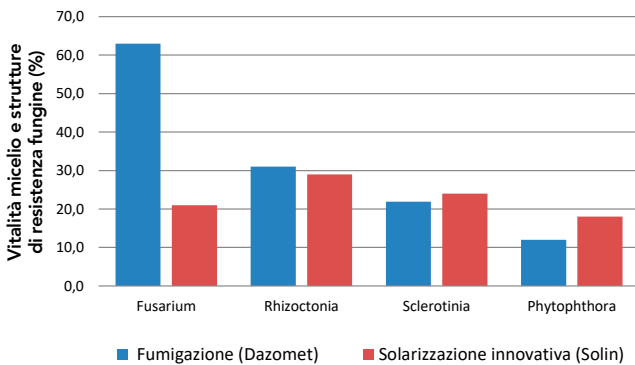
Recentemente è stato proposto un nuovo sistema di solarizzazione del suolo, basato sull'utilizzo di biochar (polvere di carbone vegetale non attivato). Si tratta di un'implementazione della solarizzazione tradizionale che prevede, dopo l'irrigazione del suolo, un ulteriore passaggio di un liquido nero biodegradabile sulla superficie del suolo per creare una sorta di «collettore solare» in grado di aumentare drasticamente le temperature a diverse profondità. Grazie alle temperature più elevate è stato possibile eliminare i patogeni in tempi più brevi rispetto alla solarizzazione tradizionale. Negli ultimi anni questa pratica è stata sperimentata in vari contesti confrontando la solarizzazione tradizionale con quella innovativa, attraverso la misurazione delle temperature, raccolte nelle due situazioni, a diverse profondità nel terreno per due mesi. I dati sperimentali hanno confermato la validità del nuovo approccio per il trattamento del suolo grazie a temperature superiori, fino a 12 C°, rispetto al metodo tradizionale. Qui, per la prima volta, riportiamo i risultati sperimentali su un confronto diretto tra il nuovo sistema di solarizzazione e uno dei metodi di fumigazione che, come è noto, è un metodo basato sull'utilizzo di gas, spesso pericolosi e molto aggressivi per il suolo, l'ambiente e la salute umana. I nostri risultati sperimentali dimostrano che oggi è possibile ottenere un soddisfacente trattamento del suolo con una pratica naturale e sostenibile basata sull'energia solare per aumentare le temperature del suolo in grado di eliminare la maggior parte dei patogeni «negativi» in un tempo più breve (appena 30 giorni), rispetto ai due mesi consueti.

GRAFICO A - Vitalità del micelio e percentuali di micelio fungino abbattuto rispetto ai vari patogeni considerati nelle aziende coinvolte nella sperimentazione

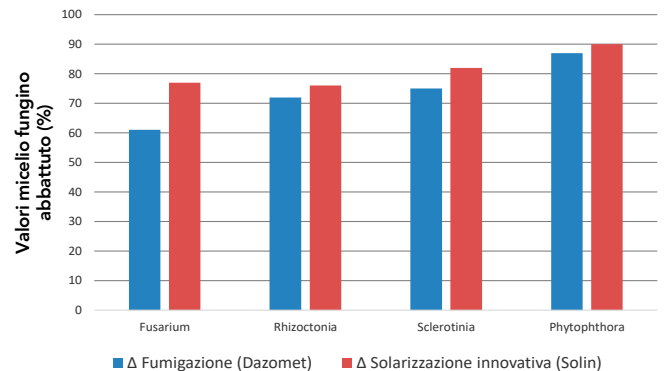
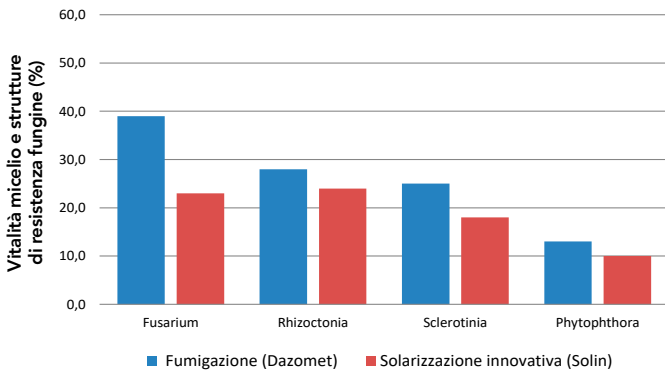
Regione Puglia - Az. agr. De Giorgi



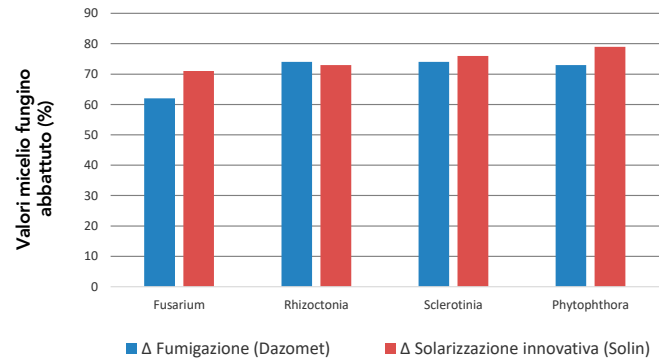
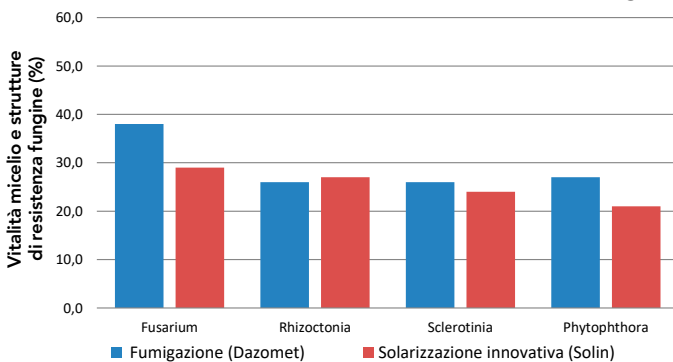
Regione Puglia - Az. agr. Perrone



Regione Puglia - Az. agr. Alemann



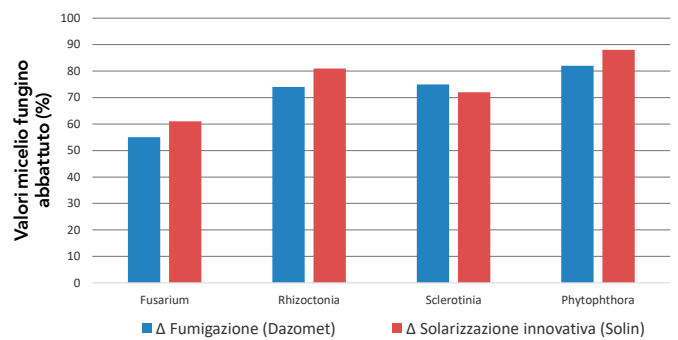
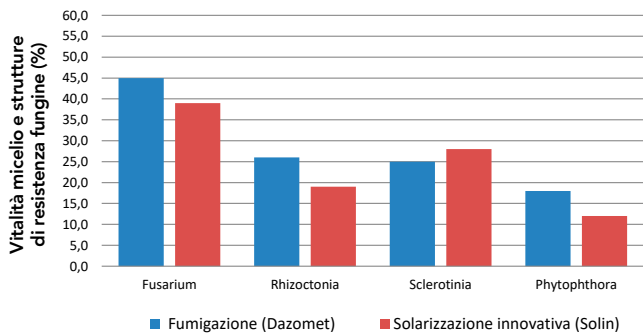
Regione Lombardia



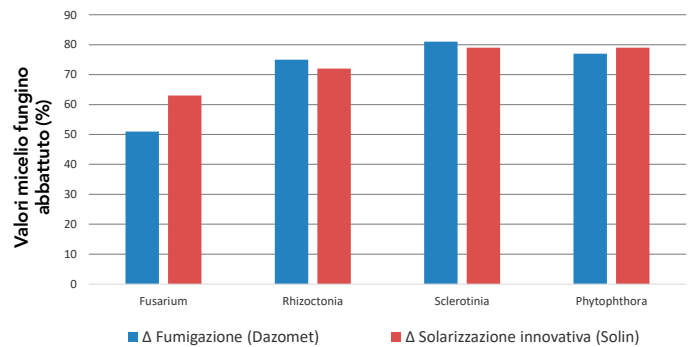
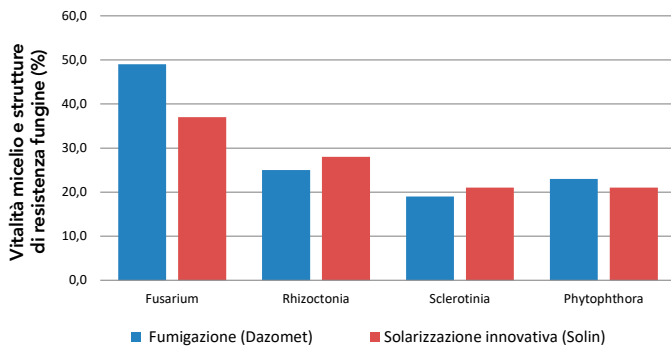
segue

GRAFICO A - Vitalità del micelio e percentuali di micelio fungino abbattuto rispetto ai vari patogeni considerati nelle aziende coinvolte nella sperimentazione

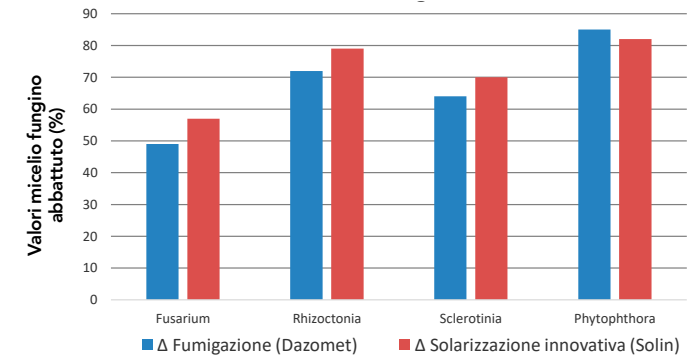
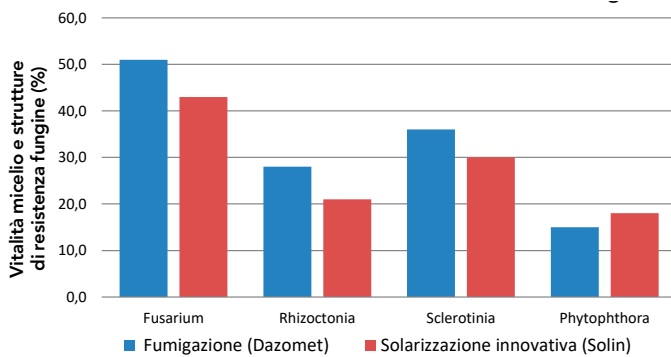
Regione Campania - Az. agricola La Maggiolina



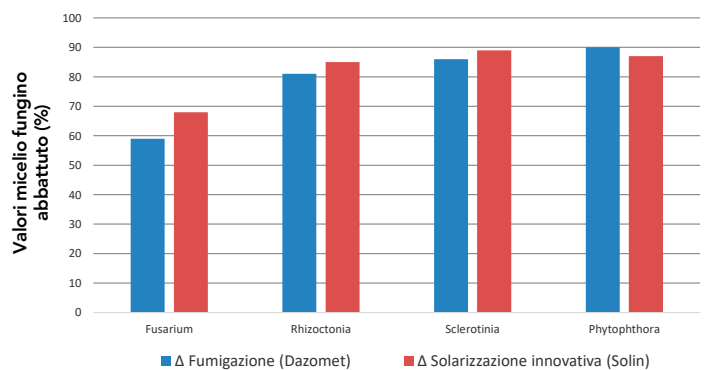
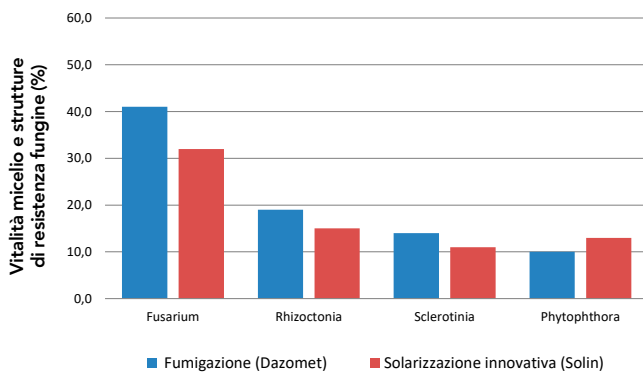
Regione Campania pieno campo



Regione Lazio - Az. agr. F.lli Nocera



Regione Basilicata

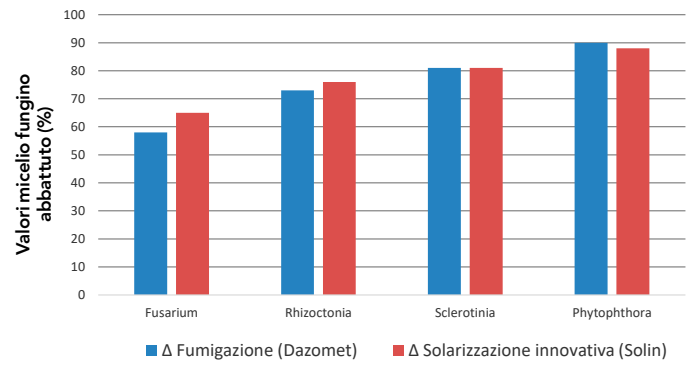
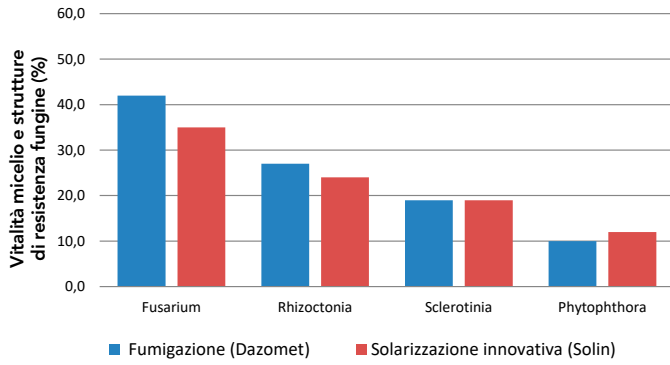


continua

segue

GRAFICO A - Vitalità del micelio e percentuali di micelio fungino abbattuto rispetto ai vari patogeni considerati nelle aziende coinvolte nella sperimentazione

Regione Sicilia



L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.