

SWINGLEA GLUTINOSA, UNA NUOVA SOSTANZA ATTIVA AD AZIONE FUNGICIDA A BASE DI UN ESTRATTO VEGETALE

I. FERRI¹, A. BAGNALASTA¹, G. PADULA², D. STERZI², L. WESTERLOPPE²,
S. CIOFINI¹, N. DAI PRÈ¹, L. EVANGELISTA¹, F. LOZITO¹, G. LUBRACO¹,
M. PAGANELLI¹, L. SANGIORGI¹, F. TRAMA¹

¹ Gowan Italia, via Morgagni, 68 - 48018 Faenza (RA)

² Gowan Crop Protection Limited - West Common, Harpenden, UK
abagnalasta@gowanitalia.it

RIASSUNTO

La corretta gestione delle malattie fungine è un aspetto fondamentale per la protezione delle colture agrarie. La necessità di alternare i meccanismi di azione per ridurre la possibilità di generare resistenze con conseguenti riduzioni di efficacia dei trattamenti, unitamente alla maggiore attenzione per gli aspetti ambientali, impongono di trovare soluzioni alternative. Uno dei principali filoni di ricerca è rivolto alla valutazione di microrganismi ed estratti vegetali (*Botanicals*) che mostrano attività nei confronti dei patogeni. Nell'ambito di questa attività di ricerca, dalle foglie di una pianta denominata *Swinglea glutinosa*, è stato ricavato un estratto in grado di fornire protezione da alcune importanti malattie fungine, quali muffa grigia e oidio. Nel 2018 negli Stati Uniti, a seguito di diversi studi sull'attività biologica, l'estratto è stato classificato dall'EPA come "biopesticide". Numerose prove di efficacia sono state condotte anche in Italia al fine di registrare il prodotto come agrofarmaco biologico. In particolare su *Botrytis cinerea* di fragola e vite sono stati ottenuti risultati di protezione paragonabili a quelli degli standard chimici di riferimento.

Parole chiave: *Botrytis cinerea*, muffa grigia, controllo, botanicals

SUMMARY

SWINGLEA GLUTINOSA, A NEW ACTIVE SUBSTANCE WITH FUNGICIDE ACTION BASED ON A PLANT EXTRACT

Disease management is a critical point in the agricultural production and it is necessary to apply different modes of action to limit the pathogen's resistance. Moreover we have to consider the environmental topics with more attention. Many research Centers are studying new solutions based on microorganisms or plant extracts. From the leaves of *Swinglea glutinosa* an extract was obtained that can be useful to control some diseases as Grey mould (*Botrytis* spp.) and powdery mildew. In the 2004, the Colombian international research Center of tropical agriculture made the first report about the efficacy of *S. glutinosa* extract. In 2007, it was registered in Colombia and in the 2018 the United States included this substance as a biopesticide. Numerous efficacy tests were conducted in Italy to register it as biopesticide. Protection results comparable to those of the reference chemicals were obtained against *Botrytis cinerea* on strawberry and vine.

Keywords: *Botrytis cinerea*, control, biopesticide, botanicals

INTRODUZIONE

L'estratto di *Swinglea glutinosa*, pianta perenne appartenente alla famiglia botanica delle Rutaceae, originaria del Sud-est asiatico e coltivata prevalentemente per uso ornamentale, è una nuova sostanza attiva fungicida sviluppata da Gowan Company per il controllo degli agenti di muffa grigia e oidio, impiegabile anche in agricoltura biologica.

Il primo studio di efficacia su *S. glutinosa* è stato prodotto nel corso del 2004 presso un Centro di ricerca colombiano per l'agricoltura tropicale. Nell'anno 2007, sempre in Colombia, l'estratto ha ottenuto la registrazione e nel 2018 è stato incluso dall'EPA come "biopesticide" negli Stati Uniti. Molte prove di efficacia sono state condotte anche in Italia su diverse colture al fine di registrare la sostanza attiva per il controllo di importanti malattie fungine.

L'estratto è un formulato liquido stabile, in sospensione concentrata alla concentrazione di 820 g/L, risultato selettivo per tutte le colture saggiate

L'estratto di *S. glutinosa* è un fungicida naturale che, con le sue nuove modalità d'azione multisito, diventa uno strumento di grande efficacia, utilità e rilevanza per programmi di gestione integrata e sostenibile delle malattie.

Caratteristiche della sostanza attiva

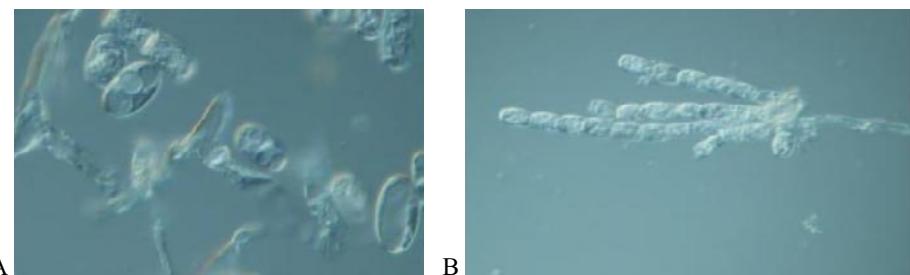
Modalità d'azione

L'estratto di *S. glutinosa* agisce sui funghi patogeni attraverso una triplice modalità: essiccazione delle strutture cellulari con rottura della membrana fungina, riduzione della crescita del tubulo germinativo del patogeno e attivazione dei meccanismi di difesa delle piante con accumulo di perossido di idrogeno e deposito di callosio.

È noto che diversi estratti di piante ed olii essenziali determinano sulle cellule fungine numerosi effetti di disidratazione e alterazione delle strutture interne come coagulazione citoplasmatica, formazione di vacuoli, perdita di turgore di spore e ife, rottura della membrana citoplasmatica, rottura del sistema endomembrana, degenerazione mitocondriale, rottura e rilascio del plasmalemma, dissoluzione della membrana nucleare e del reticolo endoplasmatico (Soylu et al., 2010; Liu et al., 2009; Tian et al., 2011; Romagnoli et al., 2005).

Secondo diversi studi di laboratorio e di campo, molti di questi effetti sui patogeni sono causati da *S. glutinosa*, come dimostrato dall'aspetto dei conidi e conidiofori dopo essere stati esposti al prodotto. Questa è una conseguenza facilmente visibile già dopo poche ore dall'applicazione del prodotto sulla pianta (figura 1).

Figura 1. Effetti di *S. glutinosa* nei confronti dell'agente causale dell'oidio della rosa. Degenerazione degli organelli dopo 5 minuti dell'applicazione del prodotto alla concentrazione di 1 mL/L in conidi (A) e conidiofori (B)



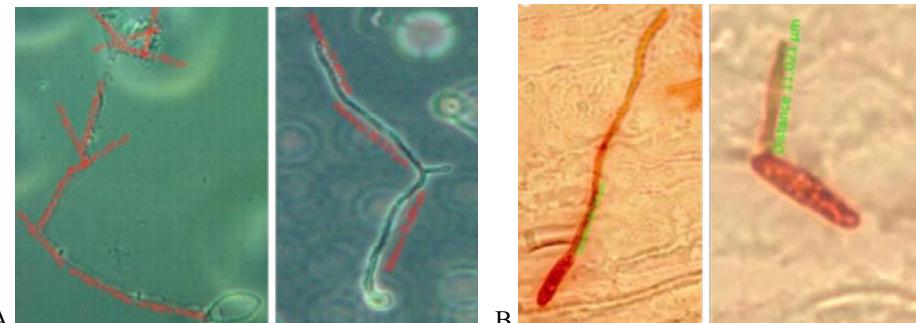
Il contatto diretto del prodotto con le strutture fungine provoca la loro disidratazione, causando una riduzione della vitalità biologica delle spore e la perdita della capacità infettiva dell'agente patogeno. Quando l'estratto di *S. glutinosa* viene applicato prima della comparsa dei sintomi, agisce sulle spore che hanno raggiunto la coltura e che stanno iniziando il

processo di germinazione, evitando così la colonizzazione dei tessuti della pianta e la comparsa della malattia.

Attraverso studi di laboratorio è stato dimostrato che nei confronti di alcuni patogeni (ad esempio *Phytophthora infestans* e *Mycosphaerella fijiensis*), oltre alla disidratazione, l'estratto di *S. glutinosa* ha importanti effetti sulla crescita del tubo germinativo, riducendone l'allungamento fino al 60% (figura 2) e diminuendone significativamente la capacità di infezione.

È stato inoltre osservato su alcuni agenti di oidio che quando l'estratto di *S. glutinosa* viene applicato durante la comparsa dei primi sintomi della malattia il prodotto agisce sui miceli in accrescimento e sui conidiofori, inibendone lo sviluppo.

Figura 2. Confronto di crescita del tubo germinativo rispettivamente tra sporangi non trattati e sporangi esposti all'estratto di *S. glutinosa* alla concentrazione di 1,5 mL/L su *Phytophthora infestans* (A) e *Mycosphaerella fijiensis* (B)



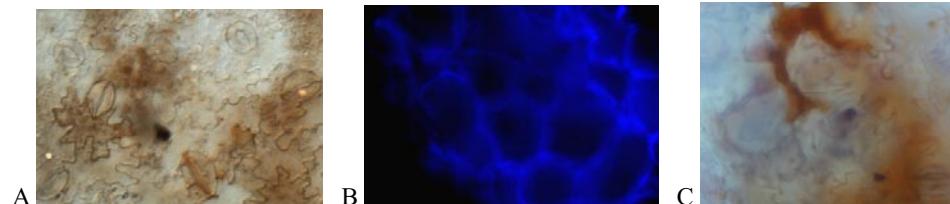
In aggiunta agli effetti diretti sui funghi patogeni, è stato scoperto che l'estratto di *S. glutinosa* stimola le autodifese della pianta, rendendola più resistente all'attacco dei patogeni soprattutto nei momenti di alta suscettibilità (figura 3). Questa attività è dovuta alla presenza di metaboliti secondari e altri componenti, quali cellulosa e lignina, che la pianta riconosce come PAMPs (*Pathogen Associated Molecular Patterns*), in grado di innescare meccanismi di autodifesa in modo molto rapido. L'attivazione di barriere fisico-chimiche prima della colonizzazione da parte del patogeno consente di contrastarne l'attacco e la diffusione all'interno degli organi. Infatti, quando la pianta percepisce i PAMPs, attiva meccanismi di autodifesa: ad esempio fortifica le pareti cellulari per impedire la penetrazione dei patogeni e accumula molecole che ostacolano la crescita miceliare, quali perossidi e chitinasi (Rojas et al., 2014; Doss, 1999).

In studi su piante di patata è stato dimostrato che il trattamento con l'estratto di *S. glutinosa* prima dell'inoculazione di *P. infestans* è in grado di indurre l'accumulo di perossido di idrogeno (H_2O_2), oltre che stimolare una risposta di ipersensibilità e incrementare i depositi di callosio sulle pareti cellulari delle foglie trattate.

Il perossido di idrogeno è una sostanza reattiva dell'ossigeno (ROS) coinvolta nel processo di stress ossidativo delle piante che determina un segnale di induzione della resistenza: in particolare contribuisce alla morte cellulare programmata indotta (necrosi) nelle parti di tessuto attaccate dal patogeno per impedirne la penetrazione e la colonizzazione e alla risposta di ipersensibilità (Hancock et al., 2001; Nassar e Adss, 2016). Inoltre il perossido di idrogeno ha la capacità di attivare a livello molecolare e cellulare componenti, quali le MAP chinasi,

che a loro volta possono attivare l'espressione di geni coinvolti nella risposta di ipersensibilità (Dat et al., 2000). Allo stesso modo, insieme ad altre molecole di tipo ROS, può modulare altri meccanismi di segnalazione, come la tirosina fosfatasi e il canale ionico del Ca^{2+} .

Figura 3. Effetti dell'estratto di *S. glutinosa* nella stimolazione della difesa in foglie di patata 72 ore dopo l'applicazione del prodotto alla concentrazione di 1,5 mL/L: accumulo di perossido di idrogeno (A), deposizione di callosio nelle pareti cellulari (B), presenza di anioni superossidi nelle cellule epidermiche (C)



A seguito degli studi condotti sull'attività biologica dell'estratto vegetale di *S. glutinosa* è stato osservato che agisce sui funghi patogeni attraverso diverse modalità, una di contatto diretto disidratando le strutture moltiplicative del fungo e riducendo la crescita del tubo germinativo e l'altra indiretta, di tipo preventivo, determinando la stimolazione dell'autodifesa della pianta. Questi effetti sul patogeno e sulle piante permettono un efficace controllo preventivo delle malattie, poiché impediscono l'infezione e la comparsa dei sintomi influenzando lo sviluppo del microrganismo e rendendone difficile l'ingresso nella pianta.

Tenendo conto di queste modalità d'azione, l'uso dell'estratto di *S. glutinosa* deve essere diretto a programmi di applicazione preventiva. Il momento ideale della sua applicazione è prima dell'infezione, nelle fasi più suscettibili della coltura.

Spettro d'azione

A seguito di numerosi studi di laboratorio e di campo sull'attività antifungina dell'estratto di *S. glutinosa* è emerso che è attivo nei confronti di *Botrytis cinerea* e degli agenti di oidii.

In tabella 1 sono riportate le colture sulle quali il prodotto è in fase di registrazione con i relativi patogeni bersaglio.

Tabella 1. Elenco delle colture e delle malattie su cui è prevista la registrazione di *S. glutinosa*

Colture	Malattia e patogeno	
Uva da vino, uva da tavola, fragola	Muffa grigia	<i>Botrytis cinerea</i>

Comportamento della sostanza attiva sulla pianta

L'estratto di *S. glutinosa* è un prodotto di copertura, con azione elicitoria e di contatto.

Caratteristiche tossicologiche ed eco-tossicologiche

Per quanto concerne gli studi di tossicologia dell'estratto di *S. glutinosa* di seguito vengono riportati i valori relativi ai risultati ottenuti su mammiferi:

- Tossicità acuta orale (su ratto): $\text{DL}_{50} > 5.000 \text{ mg/kg}$
- Tossicità acuta dermale (su ratto): $\text{DL}_{50} > 5.000 \text{ mg/kg}$

La sostanza attiva è stata sagggiata anche su numerosi organismi non bersaglio, in particolare su artropodi, tra cui api mellifere, e su fauna del suolo non bersaglio: sulla base dei dati

ottenuti l'estratto di *S. glutinosa* è risultato sicuro se usato secondo le istruzioni di etichetta. Nello specifico gli studi condotti per verificare la tossicità acuta e cronica, da contatto e orale, su individui adulti di *Apis mellifera* hanno dimostrato l'assenza di effetti indesiderati a esposizioni pari o superiori a 100 µg/ape.

Verifiche sperimentali

MATERIALI E METODI

La sperimentazione per valutare l'attività dell'estratto vegetale di *S. glutinosa* è stata svolta in diversi areali italiani e su diverse colture, prevalentemente nei confronti di *B. cinerea* su fragola e vite.

L'estratto di *S. glutinosa* è stato saggiato, da solo e in miscela con il coadiuvante sorbitan mono oleato etossilato, a confronto con diversi standard di riferimento. I prodotti utilizzati nelle diverse prove sono riportati in tabella 2.

Tabella 2. I prodotti saggiai nelle diverse prove

Sostanza attiva	Formulazione	Concentrazione
<i>Swinglea glutinosa</i>	SC	820 g/L
Sorbitan mono oleato etossilato	L	120 g/L
Cyprodinil + fludioxonil	WG	37,5 + 25 %
Eugenolo + geraniolo + timolo	CS	33 + 66 + 66 g/L
<i>Bacillus subtilis</i> , ceppo QST 713	SC	14,1 g/L

Prova su fragola, Campania 2021

La prova su fragola, svolta dal Centro di saggio Sele Agroresearch in Campania presso un'azienda di Villa Literno (CE), è stata condotta su varietà Rociera in coltura protetta. Il trapianto è avvenuto il 20/10/20 con un investimento di 70.000 piante/ha. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati di 9,6 m² con 4 repliche. I trattamenti sono stati effettuati impiegando una pompa motorizzata ed un volume di acqua pari a circa 800 L/ha.

Le applicazioni sono state effettuate in 6 tempi differenti, dal 23/2/21 al 23/3. In funzione della tesi sperimentale sono stati fatti dai 3 ai 4 trattamenti.

Tutte le tesi sono state inoculate con una sospensione in acqua di conidi *B. cinerea* mediante pompa manuale in data 25/2.

I rilievi sono stati effettuati sia su fiori che su frutti, valutando l'incidenza (%) di organi colpiti) e la severità (% superficie attaccata) della malattia su 50 organi/parcella.

I dati ottenuti sono stati poi analizzati statisticamente attraverso l'analisi della varianza e successivo Test SNK per la separazione delle medie ($p = 0,05$). Sulla base dei dati medi è stata calcolata l'efficacia % con la formula di Abbott.

Prova su uva da vino, Friuli 2021

La prova è stata condotta dal Centro di saggio Agrea al fine di valutare l'attività dell'estratto di *S. glutinosa* su *B. cinerea*. La sperimentazione è stata svolta in provincia di Pordenone, su varietà Pinot grigio. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni. I trattamenti sono stati effettuati impiegando una pompa motorizzata ed un volume di acqua pari a circa 700 L/ha.

Le applicazioni sono state effettuate in 4 diversi tempi: A: 10/6 (fioritura), B: 24/6 (pre-chiusura grappoli); C: 29/7 (invaiatura); D: 3/9 (pre-raccolta).

Nei rilievi è stata valutata l'incidenza e la severità di malattia su 10 grappoli/parcella.

I dati raccolti sono stati analizzati statisticamente attraverso l'analisi della varianza e successivamente mediante Test LSD per la separazione delle medie ($p = 0,05$). Inoltre è stata calcolata l'efficacia % con la formula di Abbott sui dati medi.

Prova su uva da vino, Emilia-Romagna 2021

La prova è stata condotta dal Centro di saggio Astra. La finalità di questa sperimentazione è stata di confrontare l'attività su *B. cinerea* dell'estratto di *S. glutinosa* e altri formulati con applicazioni esclusivamente nella fase di fioritura.

La prova è stata svolta a Faenza (RA), su varietà Trebbiano romagnolo. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni. I trattamenti sono stati effettuati impiegando una pompa motorizzata ed un volume di acqua pari a circa 800 L/ha.

Le applicazioni sono state effettuate nella fase A in data 10/6 (fioritura); lo standard chimico è stato invece applicato in B il 24/6 (pre-chiusura grappoli).

I grappoli di tutte le tesi sperimentali sono stati inoculati con *B. cinerea*, utilizzando una sospensione conidica alla concentrazione di 8×10^5 conidi/mL, irrorata mediante pompa manuale.

Nei rilievi, effettuati sui grappoli (10 organi/parcella), si è valutata l'incidenza e la severità di malattia.

I dati ottenuti sono stati poi analizzati statisticamente attraverso l'analisi della varianza e successivo Test SNK per la separazione delle medie ($p < 0,05$). L'efficacia % è stata calcolata con la formula di Abbott sui dati medi.

RISULTATI

Prova su fragola, Campania 2021

In tabella 3 e 4 vengono riportati i risultati dei rilievi rispettivamente su fiori e frutti.

Fin dal primo rilievo, sia sui fiori che sui frutti, si nota un ottimo controllo nelle tesi trattate: in particolare si osserva una relazione proporzionale dose-risposta. Inoltre la tesi *S. glutinosa* + sorbitan mono oleato etossilato (3 L/ha + 1,5 L/ha) ha fornito risultati molto simili a quelli ottenuti con il riferimento chimico (cyprodinil + fludioxonil), senza differenze statistiche significative.

Prova su uva da vino, Friuli 2021

In tabella 5 sono riportati i dati relativi ai rilievi effettuati sui grappoli.

Dal primo al secondo rilievo è stato osservato un forte incremento della malattia, sia in termini di incidenza che di severità, ma i trattati sono riusciti a mantenere importanti livelli di controllo. Non sono state riscontrate differenze significative tra una e due applicazioni di cyprodinil + fludioxonil; risultati simili sono stati forniti dalle tesi trattate con l'estratto di *S. glutinosa* (3 L/ha) e con l'estratto di *S. glutinosa* (2 L/ha) + sorbitan mono oleato etossilato; valori di efficacia leggermente inferiori sono stati ottenuti dalle 4 applicazioni di eugenolo + geraniolo + timolo.

Per quanto concerne la sola applicazione in fioritura di *S. glutinosa* e di eugenolo + geraniolo + timolo si osservano risultati importanti forniti da *S. glutinosa*, con valori di efficacia Abbott molto alti e analoghi a quelli del riferimento chimico (66 e 78%).

Tabella 3. Prova fragola Campania: risultati dei rilievi sui fiori (incidenza e severità della malattia)

Tesi Sostanza attiva	Dose/ha	Applicazioni	16/3		23/3	
			Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone non trattato	-	-	30,0 a ⁽¹⁾ (0 e) ⁽²⁾	18,7 a (0 d)	62,0 a (0 g)	47,7 a (0 f)
<i>S. glutinosa</i>	2 L	A, B, D, F	10,7 b (64,3 d)	0,4 b (97,6 c)	37,3 b (40,3 f)	12,3 b (74,0 e)
<i>S. glutinosa</i>	3 L	A, B, D, F	8,7 b (71,1 c)	0,1 b (99,4 b)	18,7 c (70,3 e)	4,3 bc (91,2 c)
<i>S. glutinosa</i> + Sorbitan mono oleato etossilato	2 + 1,5 L	A, B, D, F	1,3 c (95,4 a)	0 b (100 a)	11,3 de (82,0 bc)	2,5 c (94,7 b)
<i>S. glutinosa</i> + Sorbitan mono oleato etossilato	3 + 1,5 L	A, B, D, F	0 c (100 a)	0 b (100 a)	7,3 ef (88,3 b)	0,4 c (99,2 a)
Cyprodinil + fludioxonil	0,8 kg	A, C, E	0 c (100 a)	0 b (100 a)	2,0 f (96,8 a)	0 c (100 a)
<i>Bacillus subtilis</i> , ceppo QST 713	8 L	A, B, D, F	6,7 b (77,6 b)	0,1 b (99,5 ab)	16,7 cd (73,2 de)	5,9 bc (87,8 cd)

Date dei trattamenti: A: 23/2; B: 2/3; C: 5/3; D: 9/3; E: 16/3; F: 23/3

⁽¹⁾ Nella stessa colonna a lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa (p=0,05, Test SNK)

⁽²⁾ Efficacia % Abbott

Tabella 4. Prova fragola Campania: risultati dei rilievi sui frutti (incidenza e severità della malattia)

Tesi Sostanza attiva	Dose/ha	Applicazioni	16/3		23/3	
			Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone n. t.	-	-	24,7 a ⁽¹⁾ (0 d) ⁽²⁾	6,4 a (0 c)	60,7 a (0 e)	55,2 a (0 c)
<i>S. glutinosa</i>	2 L	A, B, D, F	8,7 b (64,3 c)	1,0 b (85,1 ab)	32,7 b (46,8 d)	21,0 bc (59 cd)
<i>S. glutinosa</i>	3 L	A, B, D, F	3,3 bc (88,1 ab)	0,2 b (97,4 a)	30,0 bc (51,0 d)	20,9 bc (62,0 cd)
<i>S. glutinosa</i> + Sorbitan mono oleato etossilato	2 + 1,5 L	A, B, D, F	2,0 bc (89,6 ab)	0,1 b (98,2 a)	22,0 bcd (65,4 cd)	17,0 bcd (71,3 bc)
<i>S. glutinosa</i> + Sorbitan mono oleato etossilato	3 + 1,5 L	A, B, D, F	0 c (100 a)	0 b (100 a)	15,3 cde (76,5 bc)	10,8 cd (81,8 ab)
Cyprodinil + fludioxonil	0,8 kg	A, C, E	0 c (100 a)	0 b (100 a)	2,0 e (97,0 a)	0,2 d (97,0 a)
<i>Bacillus subtilis</i> , ceppo QST 713	8 L	A, B, D, F	5,3 bc (79,8 b)	1,0 b (81,7 b)	32,7 b (47,2 d)	30,9 b (44,7 d)

⁽¹⁾ Nella stessa colonna a lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa (p=0,05, Test SNK)

⁽²⁾ Efficacia % Abbott

Tabella 5. Prova su uva da vino Friuli: risultati dei rilievi sui grappoli (incidenza e severità della malattia)

Tesi Sostanza attiva	Dose/ha	Applicazioni	30/8		5/9	
			Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone n. t.	-	-	19,0 a ⁽¹⁾ (0 b) ⁽²⁾	3,8 a (0 b)	72,6 a (0 c)	15,6 a (0 c)
Cyprodinil + fludioxonil	0,8 kg	B	10,0 b (46,2 a)	2,2 ab (38,6 ab)	25,3 bc (65,0 ab)	3,6 bcd (76,6 ab)
Cyprodinil + fludioxonil	0,8 kg	B, C	7,0 b (62,8 a)	1,3 b (65,9 a)	21,3 c (70,3 a)	3,7 bcd (76,3 ab)
<i>S. glutinosa</i>	3 L	A, B, C, D	9,3 b (48,2 a)	2,1 ab (40,3 ab)	24,0 bc (67,7 ab)	3,1 d (80,2 a)
<i>S. glutinosa</i> + Sorbitan mono oleato etossilato	2 + 1,5 L	A, B, C, D	7,3 b (60,0 a)	1,2 ab (53,6 ab)	28,6 bc (60,4 ab)	5,0 bcd (68,0 ab)
Eugenolo + geraniolo + timolo	4 L	A, B, C, D	11,0 b (38,9 a)	2,6 ab (32,8 ab)	34,0 bc (53,2 ab)	5,8 bcd (62,7 ab)
Eugenolo + geraniolo + timolo	4 L	A	12,7 ab (36,0 a)	2,8 ab (26,7 ab)	44,6 b (38,4 b)	8,2 b (48,1 b)
<i>S. glutinosa</i>	3 L	A	10,7 b (44,1 a)	2,0 ab (45,1 ab)	24,7 bc (66,3 ab)	3,5 cd (77,8 a)

Date dei trattamenti: A: 10/6 (fioritura); B: 24/6 (pre-chiusura grappoli); C: 29/7 (invaiatura); D: 3/9 (pre-raccolta)

⁽¹⁾ Nella stessa colonna a lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa (p=0,05, Test LSD)

⁽²⁾ Efficacia % Abbott

Prova su uva da vino, Emilia-Romagna 2021

In questa prova è stata confrontata l'attività dell'estratto di *S. glutinosa* e della miscela di eugenolo + geraniolo + timolo quando applicati esclusivamente in fase di fioritura.

In tabella 6 sono riportati i dati relativi ai rilievi effettuati sui grappoli.

Tabella 6. Prova su uva da vino Emilia-Romagna: risultati dei rilievi sui grappoli (incidenza e severità della malattia)

Tesi Sostanza attiva	Dose/ha	Applicazioni	6/9		16/9	
			Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone n. t.	-	-	73,3 a ⁽¹⁾ (0) ⁽²⁾	3,9 a (0)	73,3 a (0)	16,5 a (0)
Cyprodinil + fludioxonil	0,8 kg	B	23,3 c (68,2)	1,7 a (57,4)	36,7 b (50,0)	5,1 ab (69,2)
Eugenolo + geraniolo + timolo	4 L	A	40,0 abc (45,4)	1,8 a (55,3)	50,0 ab (31,8)	4,2 ab (74,7)
<i>S. glutinosa</i>	3 L	A	30,0 bc (59,1)	2,1 a (46,8)	36,7 b (50,0)	3,6 b (78,3)

Date dei trattamenti: A: 10/6 (fioritura); B: 24/6 (pre-chiusura grappoli)

⁽¹⁾ Nella stessa colonna a lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa (p<0,05, Test SNK)

⁽²⁾ Efficacia % Abbott

In entrambi i rilievi effettuati è stato osservato che, a fronte di un testimone con un attacco del 73%, le tesi trattate con l'estratto di *S. glutinosa* (in fioritura) e con cyprodinil + fludioxonil (in pre-chiusura) hanno garantito risultati molto interessanti, sia in termini di incidenza che di severità. In particolare nell'ultimo rilievo l'estratto di *S. glutinosa* ha fornito dati di severità migliori rispetto al controllo chimico. Per quanto concerne la tesi con eugenolo + geraniolo + timolo i risultati si discostano dagli altri trattati mostrando un minor controllo della malattia.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In conclusione, sia nelle prove in cui la muffa grigia è stata inoculata artificialmente nella fase di fioritura, che nelle prove con infezione naturale, l'estratto di *S. glutinosa* ha ottenuto ottimi risultati nel controllo della malattia. L'applicazione in fioritura sia su vite che su fragola, è risultata l'intervento chiave nel controllo della botrite. In particolare, su vite sia nell'applicazione in fioritura che nelle applicazioni nelle diverse fasi di infezione del patogeno (A: fioritura, B: pre-chiusura, C: invaiatura, D: pre-raccolta) l'estratto di *S. glutinosa* ha dimostrato di avere un'attività paragonabile al prodotto sintetico di riferimento.

In tutte le sperimentazioni condotte è stata osservata una completa selettività dell'estratto di *S. glutinosa* nei confronti delle colture e dell'entomofauna utile per l'intero periodo di prova.

È stato inoltre osservato che la miscela di prodotti coadiuvanti (sorbitan mono oleato etossilato) con l'estratto di *S. glutinosa* permette di ridurre i dosaggi di quest'ultimo, mantenendo alti i livelli di efficacia.

L'entrata nel mercato dei *Botanicals*, molecole biologiche stabili utilizzabili con le stesse modalità dei prodotti chimici di sintesi, con elevata efficacia e senza limiti di miscibilità e di scadenza, porterà un elevato grado di innovazione nelle strategie di difesa. La possibile sostituzione e/o integrazione di prodotti chimici tradizionali con i derivati vegetali più innovativi risponde esattamente ai bisogni della filiera, che richiede approcci sempre più sostenibili ed in linea con la strategia "From Farm to Fork".

LAVORI CITATI

- Dat J., Vandebaele S., Vranová E., Van Montagu M., Inzé D., Van Breusegem, F., 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences* CMLS, 57, 5, 779-795
- Doss R.P., 1999. Composition and enzymatic activity of the extracellular matrix secreted by germlings of *Botrytis cinerea*. *Appl. Environm. Microbiol.* 65, 404-408
- Fu Z., Dong X., 2013. Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 1, 839-863
- Hancock, J. T., Desikan, R., Neill S. J., 2001. Hydrogen peroxide and nitric oxide in plant defence: revealing potential targets for oxidative stress tolerance? *Biofactors*, 15, 2-4, 99-101
- Liu X., Wang L. P., Li Y. C., Li H. Y., Yu T., Zheng X. D., 2009. Antifungal activity of thyme oil against *Geotrichum citri-aurantii* in vitro and in vivo. *J Appl Microbiol*, 107, 1450-1456
- Machinandiarena M., Lobato M., Feldman M., Daleo G., Andreu A., 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *Journal of Plant Physiology*, 169, 14, 1417-1424
- Nassar A., Adss I., 2016. 2,4- Dichlorophenoxy acetic acid, abscisic acid, and hydrogen peroxide induced resistance-related components against potato early blight (*Alternaria solani*, Sorauer). *Annals of Agricultural Sciences*, 61, 1, 15-23

- Romagnoli C., Bruni R., Andreotti E., Rai M.K., Vicentini C.B., Mares D., 2005. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. *Protoplasma*, 225, 57-65
- Rojas C., Senthil-Kumar M., Tzin V., Mysore K., 2014. Regulation of primary plant - metabolism during plant - pathogen interactions and its contribution to plant defense. *Front Plant Sci.*, 2014, 5, 17
- Soylu E.M., Kurt S., Soylu S., 2010. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *Int J Food Microbiol*, 143, 183-189
- Tian J., Huang B., Luo X., Zeng H., Ban X., He J., Wang Y., 2011. The control of *Aspergillus flavus* with *Cinnamomum jenseanianum* Hand.-Mazz essential oil and its potential use as a food preservative. *Food Chem*, 130, 520-527