

LA RIVOLUZIONE
SILENZIOSA IN VIGNETO

Biodiversità e biocontrollo, nuove frontiere della difesa

Il futuro della viticoltura si muove verso approcci rigenerativi, dove il vigneto è concepito come un ecosistema vivo, interconnesso e in continua evoluzione. Le vigne, che ospitano una straordinaria diversità di comunità microbiche, rappresentano un serbatoio naturale di potenziali agenti di biocontrollo: microrganismi selezionati per la loro capacità di contenere i patogeni senza alterare gli equilibri dell'ecosistema. Una strategia promettente nella lotta integrata, con effetti positivi sia sulla produzione che sull'ambiente

La produzione di vino comincia molto prima della vendemmia: nasce nel suolo, tra le radici della vite, e si manifesta nei grappoli. In questo ambiente si sviluppa un ecosistema microbico ricco, complesso e dinamico. Batteri, funghi e lieviti convivono in una rete di interazioni che sostiene la salute della pianta e ne modula lo sviluppo. Questi microrganismi regolano i cicli biogeochimici fondamentali (azoto, fosforo, carbonio), degradano sostanze organiche, promuovono l'assorbimento dei nutrienti e attivano risposte immunitarie della vite¹. In cantina, i microbi naturalmente presenti sull'uva avviano la fermentazione spontanea, conferendo al vino note organolettiche tipiche del territorio². Questa impronta biologica, parte integrante del concetto di terroir, è il frutto dell'interazione tra ambiente, pratiche agronomiche e microbioma³. In altre parole, i microrganismi sono gli scultori invisibili del carattere di un vino. La composizione del microbiota (ovvero il complesso di tutti i microrganismi) del vigneto varia in funzione di molteplici fattori: clima, geologia, altitudine, esposizione, uso del suolo, copertura vegetale, gestione idrica e input chimici⁴. Anche il tipo di copertura del suolo (inerbimento naturale versus lavorazione) influisce sulla ricchezza microbica. I vigneti in conduzione biologica o biodinamica mostrano una maggiore diversità funzionale e filogenetica, con comunità microbiche relativamente più stabili e capaci di rispondere agli stress ambientali⁴. Alcuni microrganismi mostrano capacità di stimolo della crescita e vengono quindi definiti Plant Growth Promoters (PGP), che possono essere anche simbionti micorrizici. Va poi ricordato che il microbiota delle bacche include ceppi di lieviti non-*Saccharomyces* (i così detti apiculati) che partecipano alla fermentazione⁴. Infine, per quanto riguarda la trasformazione enologica, anche le pratiche post-raccolta possono rafforzare la specificità microbica del vino che, nel corso di fermentazioni spontanee, valorizza l'identità territoriale grazie al contributo di lieviti indigeni.

Un equilibrio minacciato

L'intensificazione agricola può avere un impatto negativo sulla biodiversità del suolo (Figura 1), soprattutto per lo scarso riciclo

di sostanza organica. Poca sostanza organica ha effetti negativi sulla stabilità dei suoli, soprattutto argillosi, ma ancor più grave il fatto che la sua scarsità riduce la crescita dei microrganismi. L'eccessivo utilizzo di fungicidi può compromettere l'equilibrio fra specie microbiche durante lo sviluppo del grappolo, ma non dovrebbe avere effetti sulla composizione del microbiota nei pressi della raccolta, se i tempi di sospensione sono ben rispettati. Sicuramente, l'abuso di alcune molecole e l'uso non rispettoso della farmacocinetica e della farmacodinamica del principio attivo possono sviluppare patogeni particolarmente resistenti⁵. Alcuni fitofarmaci, in particolare i prodotti a base di rame, possono accumularsi nel suolo e alterare la composizione delle comunità fungine benefiche⁶, anche se tale problema è ormai risolto dalla legislazione che limita moltissimo l'uso del rame. Il vero problema per il viticoltore è che in regime biologico il rame utilizzabile per ettaro e per anno non è più in grado di controllare le infezioni, soprattutto di peronospora. Al tempo stesso c'è la necessità di razionalizzare e ridurre l'uso dei fungicidi di sintesi per un'attenzione globale all'ambiente, per ridurre i rischi degli operatori ed anche per scongiurare residui in casi di trattamenti non ben progettati. Per queste ragioni, sia l'agricoltura biologica che quella convenzionale sono alla ricerca di soluzioni innovative come quella del biocontrollo da parte di microrganismi antagonisti o competitori dei patogeni.

Biocontrollo: una risposta naturale

Nella lotta per una gestione sostenibile delle malattie, trovare agenti di biocontrollo efficaci all'interno di un paesaggio microbico diversificato - batteri, lieviti e funghi filamentosi - è un compito fondamentale, ma complesso. I vigneti, che ospitano una straordinaria diversità di comunità microbiche, rappresentano un serbatoio naturale di potenziali agenti di biocontrollo (BCA). I test in vitro, insieme agli studi in vivo, svolgono un ruolo cruciale nella valutazione dell'attività inibitoria contro i patogeni bersaglio (Figura 2). I BCA sono microrganismi selezionati per la loro capacità di contenere i patogeni senza alterare gli equilibri dell'ecosistema. Rappresentano una strategia promettente nella lotta integrata, con effetti positivi sia sulla produzione che sull'ambiente. Tra le modalità d'azione più rilevanti troviamo: antagonismo diretto

(parassitismo, antibiosi), competizione per nutrienti e spazio, induzione di resistenza sistemica nella pianta ospite e formazione di biofilm protettivi. Alcuni BCA, come *Bacillus subtilis*, producono lipopeptidi ad azione antifungina (iturina, surfactina); altri, come *Trichoderma harzianum*, rilasciano enzimi litici capaci di degradare la parete cellulare dei patogeni. In molti casi, l'efficacia del biocontrollo è potenziata dalla sinergia tra diverse specie, suggerendo approcci formulativi basati su consorzi microbici (vedi box qui sotto).



Figura 1 - www.eco2wine.eu

di biocontrollo efficaci all'interno di un paesaggio microbico diversificato - batteri, lieviti e funghi filamentosi - è un compito fondamentale, ma complesso. I vigneti, che ospitano una straordinaria diversità di comunità microbiche, rappresentano un serbatoio naturale di potenziali agenti di biocontrollo (BCA). I test in vitro, insieme agli studi in vivo, svolgono un ruolo cruciale nella valutazione dell'attività inibitoria contro i patogeni bersaglio (Figura 2). I BCA sono microrganismi selezionati per la loro capacità di contenere i patogeni senza alterare gli equilibri dell'ecosistema. Rappresentano una strategia promettente nella lotta integrata, con effetti positivi sia sulla produzione che sull'ambiente. Tra le modalità d'azione più rilevanti troviamo: antagonismo diretto

Limitazioni all'uso dei BCA versus esempi di successo

Nonostante il loro potenziale in crescita, attualmente i BCA rappresentano solo una piccola frazione (1%) del mercato dei prodotti per la protezione delle colture, rispetto al dominio degli agrofarmaci sintetici (15%). Questa limitata adozione può essere attribuita a diversi fattori:

- EFFICACIA:** a volte, i BCA potrebbero non offrire lo stesso livello di controllo della malattia, immediato e prevedibile, dei fungicidi sintetici.
- LACUNE DI CONOSCENZA:** la commercializzazione dei biopesticidi spesso coinvolge formulazioni proprietarie, limitando le informazioni pubblicamente disponibili sulla produzione e sui metodi di applicazione.
- REGISTRAZIONE E BREVETTO:** possono essere complessi e richiedere molto tempo, in particolare in alcune regioni (ad esempio in Europa).
- ADOZIONE DA PARTE DEGLI AGRICOLTORI:** gli incentivi economici per passare dai fungicidi convenzionali ai BCA possono essere limitati, soprattutto se manca consapevolezza o esperienza con questo approccio.

Esistono già BCA approvati e commercializzati per combattere le malattie fungine delle colture?

- *Aureobasidium pullulans* agisce contro *Botrytis cinerea* impedendo la colonizzazione della superficie dell'acino.
- *Bacillus amyloliquefaciens* produce composti bioattivi che bloccano la germinazione delle spore fungine e stimolano la sintesi di fitolessine.
- *Trichoderma atroviride* colonizza il legno della vite, competendo con i funghi responsabili delle malattie del tronco e favorendo la cicatrizzazione dei tessuti.

Queste soluzioni stanno dimostrando che è possibile ridurre gli input chimici mantenendo alta la qualità delle uve e la sanità delle piante.



di ELENA PALENCIA MULERO¹, AUBREY LEE²,
GIANLUIGI CARDINALI², ILEANA VIGENTINI^{1*}

¹Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche ed Odontoiatriche - Università degli Studi di Milano

²Dipartimento di Scienze Farmaceutiche - Università degli Studi di Perugia
ileana.vigentini@unimi.it

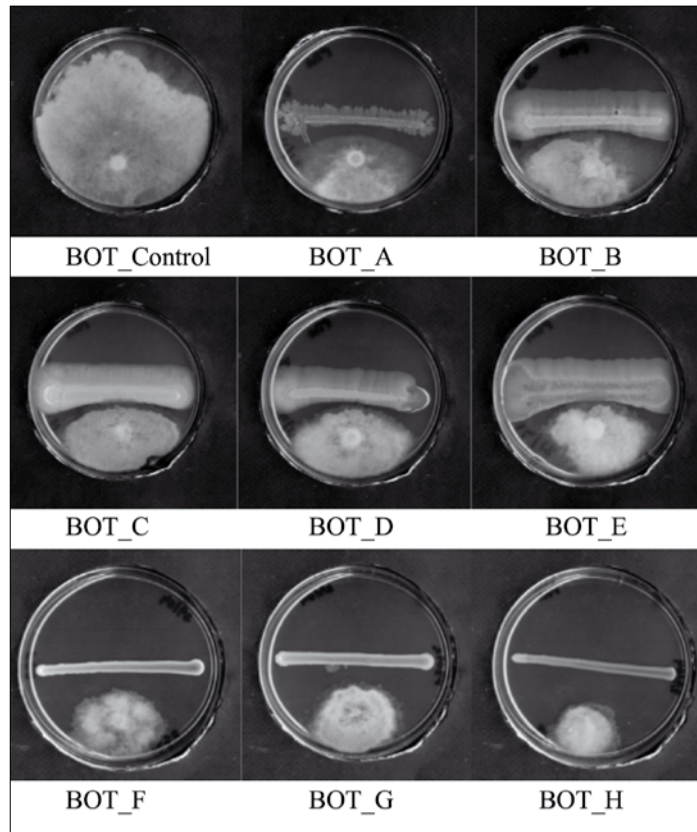


Figura 2 - Analisi *in vitro* per valutare l'efficacia di BCA selezionati in coltura pura contro *B. cinerea*.
BOT_Control: crescita del micelio di *B. cinerea* in assenza di BCA.
BOT_A-H: crescita del micelio di *B. cinerea* in presenza di un ceppo di BCA selezionato (A-H).

Per svelare i segreti dei BCA, l'adozione diffusa delle tecniche di sequenziamento di nuova generazione (NGS) ha rivoluzionato il campo del biocontrollo. Queste tecniche, che comprendono il sequenziamento dell'intero genoma, la trascrittomica, la proteomica e la metabolomica, permettono di identificare i percorsi molecolari e i geni chiave che giocano un ruolo fondamentale nel biocontrollo. Nonostante le sfide, si registra una forte tendenza all'uso di agenti microbici di biocontrollo nella gestione delle malattie delle piante. È quindi prevedibile che la ricerca in questo campo continuerà ad attirare sempre più attenzione, aprendo nuove strade verso un futuro sostenibile dal punto di vista ambientale.

Verso una viticoltura rigenerativa

Il futuro della viticoltura si muove verso approcci rigenerativi, dove il vigneto è concepito come un ecosistema vivo, interconnesso e in continua evoluzione. Il microbiota non è più solo un oggetto di studio, ma uno strumento di gestione. Sperimentazioni in corso stanno esplorando l'uso combinato di BCA con estratti vegetali, micorrizze, biochar e compost arricchiti. L'obiettivo non

è solo ridurre i trattamenti, ma migliorare la vitalità del suolo, la qualità del raccolto e la stabilità del sistema agricolo. Tuttavia, questa ricerca va oltre l'identificazione di un singolo agente efficace. La possibilità di combinare più BCA dovrebbe essere esplorata non solo per ottenere un impatto maggiore, ma anche per ridurre l'emergere di nuove resistenze. Questo solleva alcune domande interessanti:
 ▶ come interagiscono tra loro questi BCA e con il patogeno bersaglio? Collaboreranno come una squadra o si ostacoleranno a vicenda?
 ▶ c'è anche un altro problema: se riuscissimo ad eliminare con successo il patogeno bersaglio, altri potrebbero approfittarne? I ricercatori stanno cercando di rispondere a queste domande studiando come i BCA interagiscono tra loro, con il patogeno, con la pianta ospite e con altri microrganismi. Svelando queste complesse relazioni microbiche, stanno aprendo la strada verso un futuro in cui sarà possibile assemblare il consorzio di BCA ideale: una forza potente e ben coordinata per il controllo sostenibile delle malattie fungine nei vigneti.

È solo ridurre i trattamenti, ma migliorare la vitalità del suolo, la qualità del raccolto e la stabilità del sistema agricolo. Tuttavia, questa ricerca va oltre l'identificazione di un singolo agente efficace. La possibilità di combinare più BCA dovrebbe essere esplorata non solo per ottenere un impatto maggiore, ma anche per ridurre l'emergere di nuove resistenze.

Questo solleva alcune domande interessanti:

▶ come interagiscono tra loro questi BCA e con il patogeno bersaglio?

Collaboreranno come una squadra o si ostacoleranno a vicenda?

▶ c'è anche un altro problema: se riuscissimo ad eliminare con successo il patogeno bersaglio, altri potrebbero approfittarne?

I ricercatori stanno cercando di rispondere a queste domande studiando come i BCA interagiscono tra loro, con il patogeno, con la pianta ospite e con altri microrganismi. Svelando queste complesse relazioni microbiche, stanno aprendo la strada verso un futuro in cui sarà possibile assemblare il consorzio di BCA ideale: una forza potente e ben coordinata per il controllo sostenibile delle malattie fungine nei vigneti.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

[1] Colautti A, Civilini M, Contin M, Celotti E and Iacumin L (2023) **Organic vs. conventional: impact of cultivation treatments on the soil microbiota in the vineyard.** *Front. Microbiol.* 14:1242267.
 [2] Sant'Ana AS and Lemos Junior WJF (2024) **Microbial synergies and their impact on economic and quality innovation in sustainable winemaking: Yeast and lactic acid bacteria interconnections.** *Food Biosci.* 62:105238.
 [3] Griggs RG, Steenwerth KL, Mills DA, Cantu D and Bokulich NA (2021) **Sources and Assembly of Microbial Communities in Vineyards as a Functional Component of Winegrowing.** *Front. Microbiol.* 12:673810.
 [4] Liu D, Zhang P, Chen D and Howell K (2019) **From the Vineyard to the Winery: How Microbial Ecology Drives Regional Distinctiveness of Wine.** *Front. Microbiol.* 10:2679.
 [5] Ayogu, P., Martins, V., & Gerós, H. (2024). **Grape berry native yeast microbiota: advancing trends in the development of sustainable vineyard pathogen biocontrol strategies.** *OENO One*, 58(1).
 [6] Sumbly KM, Caliani NS, and Jiranek V (2021) **Yeast diversity in the vineyard: how it is defined, measured and influenced by fungicides.** *Aust. J. Grape Wine Res.* 27:169-193.
 [7] Visconti, F., López, R., & Olego, M. Á. (2024). **The Health of Vineyard Soils: Towards a Sustainable Viticulture.** *Horticulturae*, 10(2), 154.
 [8] MarketsandMarkets. (2024). **Biological Control Market by Crop Type, Mode of Application and Region - Global Forecast to 2027.** <https://www.globenewswire.com/news-release/2024/07/29/2920350/0/en/Biocontrol-Market-Size-Share-Global-Industry-Trends-Analysis-and-Forecast-to-2027.html>

Biodiversità e biocontrollo: un'alleanza strategica e un settore in espansione

Scegliere di lavorare con microrganismi benefici significa non solo contenere i patogeni, ma anche favorire la resilienza ecologica del vigneto. Il biocontrollo promuove lo sviluppo di una microbiologia funzionale che supporta la vite in modo naturale? Inoltre, le comunità microbiche arricchite fungono da

barriera biologica contro l'invasione di specie nocive, favorendo un equilibrio dinamico e adattivo. Il mercato globale del biocontrollo è in rapida crescita: dai 6,6 miliardi di dollari del 2022, si prevede un raddoppio entro il 2027⁸. Questo aumento riflette non solo la pressione normativa per ridurre i pesticidi

(es. Green Deal europeo), ma anche un crescente interesse dei consumatori verso vini prodotti in modo responsabile. In Francia, Italia e Spagna - principali Paesi vitivinicoli - il ricorso a bioagrofarmaci è in costante aumento, sostenuto da incentivi pubblici e progetti di ricerca mirati.

www.enovitisextreme.it

enovitis
EXTRÊME

PROVE DI MACCHINE IN VIGNETI EROICI

8 LUGLIO 2025
TRENTINO
9.00-18.00

CEMBRA
cantina di montagna
CEMBRA (TN)

Organized by:

In collaborazione con:

Con il supporto di:

Con il patrocinio di: