



Ridurre l'apporto di fungicidi sintetici grazie all'utilizzo dell'indice di vegetazione NDVI come indicatore precoce del rischio di sviluppo della muffa grigia di *Botrytis* nelle vigne

Marc Fermaud¹, Carolina Pañitur-De la Fuente², Jean Roudet¹, Nicolás Verdugo-Vásquez², Mario Herrera Défaz⁵, Jean Pascal Goutouly^{3,4}, César Acevedo-Opazo⁶, Héctor Valdés-Gómez⁵

¹ Inrae, UMR Save, Bordeaux Science Agro, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro de Investigación Intihuari, Colina San Joaquín s/n, PO Box 36-B, La Serena, Chile

³ Inrae, UMR EGFV, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France

⁴ Inrae, UEVB, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France

⁵ Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Fruticultura y Enología, Santiago, Chile

⁶ Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2 norte 685, Talca, Chile

La muffa grigia (MG) è una delle principali malattie che si manifestano nei vigneti di tutto il mondo. Il suo controllo, ancora in gran parte basato sull'irrorazione di fungicidi sintetici a intervalli predeterminati, porta spesso a residui nell'uva e nei vini che possono influire negativamente sull'ambiente e/o sulla salute umana. Per razionalizzare la gestione della MG, sono stati sviluppati e valutati degli indicatori di rischio precoci della malattia grazie ad esperimenti sul campo condotti tra il 2010 e il 2019 sia in Francia che in Cile.

Quando si sviluppano strumenti decisionali per gli agricoltori, gli indicatori precoci e predittivi del rischio epidemico sono fondamentali per ottimizzare le azioni profilattiche, fitosanitarie e/o di biocontrollo. In vigna la MG causata da *Botrytis cinerea* è una malattia molto grave con un ciclo complesso ed estremamente multifattoriale. Tra i vari fattori d'influenza, questo studio ha permesso di selezionare due indicatori principali di grande interesse, che sono precoci e predittivi del rischio epidemico. Il loro interesse è giustificato anche dai nostri risultati convergenti e coerenti in due grandi paesi produttori di vino (Francia e Cile) e corrispondenti alle condizioni pedoclimatiche più contrastanti a livello mondiale. Lo studio presenta non solo la scelta di questi indicatori precoci, ma anche un modo pratico per misurarli in vigna, portando un'attenzione particolare sulla fase precisa in cui implementare queste precise misure agricole¹. Sono stati valutati tre indicatori di rischio precoci: i) uno relativo alla composizione della pectina e dei tannini della buccia dell'acino, ii) un altro relativo al vigore precoce della vite stimato tramite l'indice vegetativo NDVI, e iii) una combinazione degli ultimi due associata ai dati meteorologici. Gli esperimenti² sono stati effettuati in due vigneti utilizzando la varietà Merlot. Uno è stato condotto nella regione della Nouvelle Aquitaine (Francia) presso il sito "Grande Ferrade" (Villenave d'Ornon), e l'altro, che comprendeva anche una prova con Sauvignon Blanc, è stato realizzato nella regione del Maule del Cile (Pangulemo). La varietà Sauvignon Blanc, altamente suscettibile a *B. cinerea*, è stata inclusa per esprimere i sintomi della MG nelle condizioni climatiche cilene, che non sono molto favorevoli allo sviluppo della MG². L'indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI) è stato misurato utilizzando un GreenSeeker® RT-100 portatile (divisione Trimble Agriculture, Sunnyvale, California, USA) come descritto da Drissi *et al.* (2009)¹.

Relazioni tra i componenti della buccia dell'uva e l'intensità della MG al momento della raccolta

Delle correlazioni significative tra la suscettibilità della vite alla MG e il contenuto fenolico nella buccia degli acini erano già state stabilite, ma solo in laboratorio^{3,4,5}. Durante questo studio², sono state osservate correlazioni positive tra il contenuto della pectina nella buccia dell'uva, l'influenza e l'intensità della MG al momento della raccolta (Figura 1 a, c). Inoltre, sono state stabilite relazioni negative tra il contenuto dei tannini, l'impatto e la gravità della malattia al momento della raccolta (Figura 1b, d). Tutte le correlazioni, inclusi

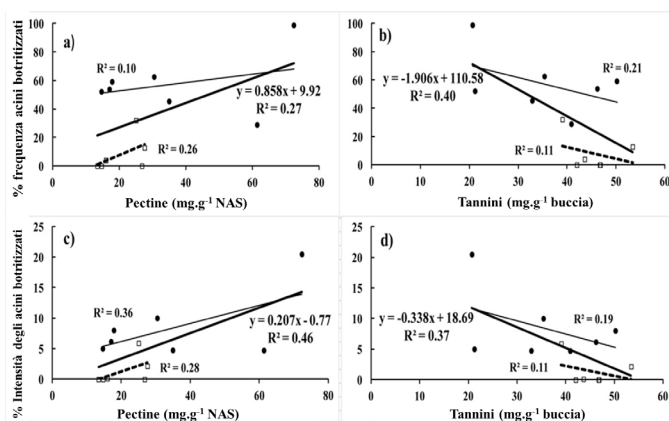


FIGURA 1. Relazioni tra l'impatto della MG (%) e la concentrazione nella buccia degli acini delle (a) pectine e dei (b) tannini. Relazioni tra l'intensità della MG (%) e la concentrazione nella buccia degli acini delle (c) pectine e dei (d) tannini. In Francia (●) utilizzando il cv. Merlot noir e in Cile (□) utilizzando il cv. Merlot noir o Sauvignon Blanc. Ogni punto corrisponde a una stagione di studio. La linea principale nera in grassetto al centro indica la relazione per tutti i dati (Francia e Cile).

i dati globali degli esperimenti in Francia e Cile, erano significative a $p = 0,05$, ad eccezione della relazione tra pectina e incidenza della MG.

Relazione tra crescita vegetativa e intensità della MG alla vendemmia

Il vigore vegetativo della vite è stato valutato all'inizio della stagione, quando l'acino era allo stadio della dimensione di pisello. Nelle nostre condizioni sperimentali, ciò corrispondeva a circa 40 giorni prima dell'invasatura. Da un punto di vista pratico, un indicatore così precoce è una condizione molto importante che consente ai viticoltori di utilizzare le misure dell'indice NDVI a basso costo come strategia di gestione del vigneto per il controllo dello sviluppo della MG. L'indice NDVI ha anche il vantaggio di dipendere da tempi di valutazione precisi e riproducibili durante ogni stagione. Il momento migliore per misurarlo, in base al modello fenologico termico che facilita la pianificazione della misura, è di 300 gradi giorno di crescita (GGC) (temperatura di base = 10 °C, accumulata da una precisa fioritura a metà; cioè 50% di calo, codice 23, secondo Eichhorn-Lorenz Phenological Stages). Le prime misure dell'indice NDVI durante la stagione hanno permesso di evitare gli effetti negativi

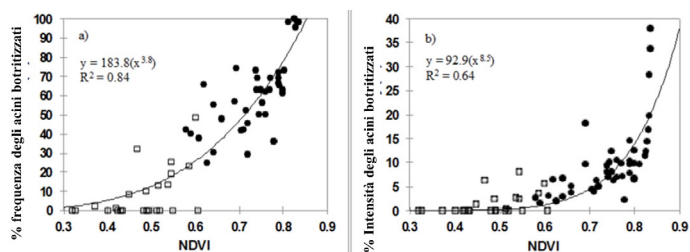


FIGURA 2. Relazioni in Francia (●) e Cile (□) tra (a) impatto della MG (%) e (b) gravità della MG (%) con valutazione precoce dell'indice NDVI.

della saturazione dell'indice dovuta alla chiusura della chioma vegetativa delle vigne. La soglia di saturazione NDVI varia tra 0,8 e 0,86 secondo diversi studi^{6,7}. In questo studio², i dati avevano valori NDVI non superiori a 0,85.

Per la prima volta, abbiamo stabilito relazioni esponenziali tra i valori di NDVI misurati a 300 GGC dopo la fioritura media e l'incidenza e l'intensità della MG al momento del raccolto (Figura 2). La relazione tra MG (incidenza e gravità) e crescita vegetativa (NDVI) è stata tracciata e modellizzata utilizzando un modello non lineare con l'equazione $MG\ inc/grav = a \cdot (NDVI)^b$, che era il miglior modello in base al valore R^2 . Le relazioni tra queste variabili sono risultate positive, mostrando che le viti con maggiore sviluppo vegetativo in una fase fenologica precoce avevano maggiori probabilità di essere infettate da *B. cinerea* durante la stagione. Il modello è simile per entrambe le variabili della malattia, ma con una curva più ripida tra NDVI e gravità della malattia (Figura 2b). Si può notare una tendenza che mostra un cambiamento dell'impatto e della gravità della MG per valori di NDVI di circa 0,5 e 0,6.

MG durante la vendemmia legata alle variabili esplicative: crescita vegetativa e clima

In primo luogo, il miglior modello che spiega l'impatto della MG include diverse variabili: i) pluviometria cumulata 35 giorni prima della raccolta (PR35) come variabile esplicativa predominante e ii) indice NDVI all'inizio della stagione. La figura 3 mostra la buona relazione (circa $Y = X$) tra l'influenza osservata della MG e quella modellizzata ottenuta dagli esperimenti a lungo termine sia in Francia che in Cile (2010–2017). In secondo luogo, per valutare la gravità della MG, il miglior modello di regressione si basava su due variabili: i) la crescita vegetativa (NDVI), che era la variabile esplicativa predominante, e ii) la pluviometria cumulata 15 giorni prima della raccolta (PR15).

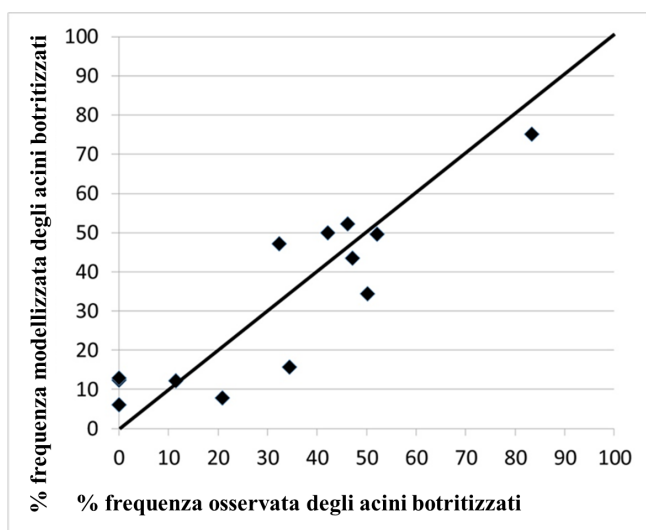


FIGURA 3. Relazione tra l'influenza della MG osservata e modellizzata (Tabella 4, primo modello d'impatto secondo Pañitru-De la Fuente *et al.*, 2020)². Viene anche indicata l'equazione $Y = X$.

Conclusioni

I nuovi indicatori di gestione e di rischio sviluppati in questo studio sono significativamente correlati allo sviluppo della MG al momento della raccolta. Pertanto, proponiamo che tali nuovi strumenti possano essere utilizzati in futuro per sviluppare specifici sistemi di supporto alle decisioni (SSD) per limitare i trattamenti anti-Botrytis nei vigneti. I modelli di regressione includono le precipitazioni cumulate poche settimane prima della vendemmia, e confermano l'importanza del fattore climatico nello sviluppo della MG. Da un punto di vista pratico, è stato dimostrato che la crescita vegetativa precoce della vigna (via l'indice NDVI misurato in questo studio) è un fattore importante che regola l'infezione di *B. cinerea*. Per quanto riguarda il contenuto in tannini nella buccia degli acini, valutato approssimativamente allo stadio della dimensione di pisello dell'acino, anche questo può essere utilizzato come indicatore di rischio della MG nelle strategie di gestione integrata dei parassiti (GIP).

Ulteriori studi dovrebbero considerare la compattezza del grappolo e l'inoculo del patogeno durante la stagione per comprendere meglio la relazione dello sviluppo della MG al momento della raccolta, nonché per ottimizzare i metodi di gestione e controllo nelle strategie di GIP contro questo fungo altamente dannoso per la vite: *Botrytis cinerea*⁸. ■

Ringraziamenti: Gli autori sono grati per il sostegno finanziario fornito dal Conseil Interprofessionnel du Vin de Bordeaux (CIVB), dal CONICYT Doctoral Fellowship cilena 2013 N° 21130505 e dai progetti cileni CONICYT-FONDECYT/Regular 1191244 e Inserción académica PUC. Gli autori desiderano inoltre ringraziare l'unità tecnologica mista INRAE – BSA – IFV di Bordeaux (UMT SEVEN).

Fonte: articolo scientifico "Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards" (OENO One, 2020).

1 Drissi R., Goutouly J.-P., Forget D. and Gaudillère J.-P., 2009. Nondestructive Measurement of Grapevine Leaf Area by Ground Normalized Difference Vegetation Index. *Agronomy Journal* 101, 226–231.

2 Pañitru-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., Mirabal, Y., Laurie, V. F., Goutouly, J. P., Acevedo Opazo, C., & Fermaud, M. (2020). Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards. *OENO One*, 54(2), 279–297. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954>

3 Sarig P., Zutkhi Y., Lisker N., Shkelerman Y., Ben Arie R., Bielski R., Laing W. and Clark C., 1998. Natural and induced resistance of table grapes to bunch rots. *Acta Horticulturae* 464, 65–70.

4 Pezet R., Viret O. and Gindro K., 2004. Plant microbe interaction: The Botrytis gray mold of grapes. In A. Hemantaranjan. Ed. *Advances in plant physiology India: Varanasi*, vol. 7, pp. 75–120.

5 Deytieu-Belleau C., Geny L., Roudet J., Mayet V., Donèche B. and Fermaud M., 2009. Grape berry skin features related to ontogenic resistance to Botrytis cinerea. *European Journal of Plant Pathology* 125, 551–563.

6 Yang J., Guo N., Huang L.N. and Jia J.H., 2008. Analyses on MODIS-NDVI Index Saturation in Northwest China. *Plateau Meteorology* 27, 896–903.

7 Zhang K., Ge X., Liu X., Zhang Z., Liang Y., Tian Y., Cao Q., Cao W., Zhu Y. and Liu X., 2017. Evaluation of the chlorophyll meter and GreenSeeker for the assessment of rice nitrogen status. *Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture* 2017, 8(2), 359–363.

8 Ky, I., Lorrain, B., Jourdes, M., Pasquier, G., Fermaud, M., Geny, L., Rey, P., Doneche, B., Teissedre, P.-L., 2012. Assessment of grey mould (*Botrytis cinerea*) impact on phenolic and sensory quality of Bordeaux grapes, musts and wines for two consecutive vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00191.x>