DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

IL MAL DELL'ESCA: DISTRIBUZIONE E ANALISI IN TRE VIGNETI MARCHIGIANI

Studente:
SIMONE GIACCHETTI

Relatore:
PROF. GIANFRANCO ROMANAZZI

Correlatore:
PROF. SERGIO MUROLO

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Ai miei amici, ma specialmente alla mia famiglia

SOMMARIO

SOMMARIO 3

ELENCO DELLE TABELLE 5

ELENCO DELLE FIGURE 6

INTRODUZIONE 8

CAPITOLO 1 MAL DELL'ESCA 10

1.1 Eziologia 11

1.1.1 Ascomiceti agenti di tracheomicosi 11

1.1.2 Basidiomicete agente carie bianca 11

CAPITOLO 2 SINTOMATOLOGIA 12

2.1 Venature brune del legno 12

2.2 Malattia di Petri (O "Black Goo") 13

2.4 Carie bianca 15

2.5 Esca propria 16

2.5.1 Decorso cronico dei sintomi 16

2.5.2 Decorso acuto dei sintomi 17

CAPITOLO 3 IMPATTO DEL MAL DELL' ESCA E TENTATIVI DI CONTROLLO 18

3.1 Impatto del mal dell'esca sul vigneto 18

3.2 Tentativi di controllo del mal dell'esca della vite 18

3.2.1 Prevenzione in vivaio 19

3.2.2 Prevenzione e controllo del mal dell'esca in vigneto 20

CAPITOLO 4 OBIETTIVI DELLA RICERCA 22

CAPITOLO 5 MATERIALI E METODI 23

5.1 Posizione dei vigneti analizzati 23

5.2 Monitoraggio mal dell'esca 23

5.2.1 Vigneto OS 1 25

5.2.2 Vigneto OS 2 25

5.2.3 Vigneto CAST 25
5.3 Rilievo dei sintomi di mal dell'esca 27
5.4 Analisi della distribuzione spaziale del mal dell'esca 28
CAPITOLO 6 RISULTATI 29
6.1 Analisi della distribuzione spaziale 32
6.1.1 Vigneto OS 1 32
6.1.2 Vigneto OS 2 33
6.1.3 Vigneto CAST 35
CAPITOLO 7 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI 37
CAPITOLO 8 BIBLIOGRAFIA 40
RINGRAZIAMENTI 43

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Principali caratteristiche dei vigneti in cui è stato effettuato il monitoraggio per il mal dell'esca. 24

Tabella 2: Classi sintomatologiche per la valutazione della gravità dei sintomi fogliari di mal dell'esca della vite. 27

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Principali aree di produzione dei vini a Denominazione di Origine Controllata e Garantita. 9
Figura 2: Sovrapposizione e successione dei diversi quadri afferenti al complesso del mal dell'esca. 12
Figura 3: Venature brune riscontrate su una barbatella di vite. 13
Figura 4: Ceppo di vite potato, dalle cui ferite geme materiale gommoso bruno. 13
Figura 5: Foglia tigrata riscontrata su viti a bacca rossa. 14
Figura 6: Macchie puntiformi bruno-violacee sugli acini (sinistra), disseccamento dei grappoli (destra). 15
Figura 7: Carie bianca riscontrata su un ceppo di vite. 15
Figura 8: Sintomi esca propria riscontrati in un vigneto maturo di cv Verdicchio. 16
Figura 9: Apoplessia su piante cv. Sangiovese. 17
Figura 10: Piante infette estirpate che costituiscono possibili fonti di inoculo. 20
Figura 11: Localizzazione geografica dei vigneti oggetto di studio. 23
Figura 12: Vigneto OS 1 -Azienda Agraria Badialetti (Osimo, AN). 26
Figura 13: Vigneto OS 2 -Azienda Agricola Moncaro "Terre Cortesi" (Osimo, AN). 26
Figura 14: Vigneto CAST -Azienda Agricola Moncaro "Terre Cortesi" (Castelplanio, AN). 26
Figura 15: Sintomi ascrivibili al mal dell'esca su foglie di viti adulte delle varietà Chardonnay (A, B) e Verdicchio (C). 29
Figura 16: Pianta apoplettica (A) e pianta morta nell'anno precedente con presenza di ricacci alla base del ceppo (B). 30
Figura 17: Sintomi ascrivibili a mal dello spacco, determinati da Fomitiporia mediterranea. 30
Figura 18: Fallanze lungo la fila nel vigneto di Osimo (OS2 – Chardonnay). 31
Figura 19: Grappolo con macchie puntiformi (A) e grappoli disidratati e secchi (B). 31
Figura 20: Mappe di diffusione e gravità di mal dell'esca nel vigneto OS1 (Osimo frazione San Biagio, Ancona). 32

Figura 21: Gradiente di infezione interfilare e intrafilare di mal dell'esca rispetto al bordo nel vigneto OS1 (Osimo frazione San Biagio, Ancona). 33

Figura 22: Mappe di diffusione e gravità del mal dell'esca nel vigneto OS 2 (Osimo Via Gaiano, Ancona). 34

Figura 23: Gradiente di infezione interfilare e intrafilare del mal dell'esca al bordo del vigneto, vigneto OS 2 (Osimo Via Gaiano, Ancona)..... 34

Figura 24: Mappe di diffusione e gravità del mal dell'esca nel vigneto Cast (Castelplanio Via Piagge, Ancona). 35

Figura 25: Gradiente di infezione interfilare e intrafilare del mal dell'esca al bordo del vigneto, vigneto Cast (Castelplanio Via Piagge, Ancona). 36

INTRODUZIONE

Vitis è un genere di piante arbustive e fa parte dell'ordine *Rhamnales* e della famiglia *Vitaceae*. Le prime viti selvatiche di *Vitis silvestris* risalgono a 60 milioni di anni fa, mentre l'attuale *Vitis vinifera*, conosciuta come Vite europea, fece la sua comparsa solamente più tardi, circa un milione di anni fa. *Vitis vinifera* non ha avuto un destino roseo, infatti ha dovuto lottare contro mille avversità prima di arrivare alla vite che conosciamo noi tutti oggigiorno: tra la metà dell'800 l'attacco dell'oidio colpì in particolar modo i vigneti francese riducendo drasticamente le produzioni del 90%; ancor più terribile fu la diffusione della fillossera, che distrusse l'85% del patrimonio viticolo europeo. Solo nei primi del '900, con l'innesto delle viti europee su apparati radicali di origine americana resistenti alla fillossera, è stato possibile ricostruire il germoplasma viticolo del vecchio continente, anche se moltissimi vitigni sono andati persi.

Per molti secoli la coltivazione della vite si è concentrata in Italia, in Francia e in altri territori europei. Attualmente, la superficie mondiale coltivata a vite ricopre quasi 8 milioni di ettari, 60% dei quali si trova in Europa, e la produzione mondiale è di circa 270 milioni di hl/annuo, solo l'Italia e la Francia presentano una produzione intorno ai 45 milioni di hl/anno. In Italia, per esempio. Oltre 800.000 ettari di vite hanno dato grappoli per la produzione di circa 54 milioni di hl di vino, scesi a 41 milioni nel 2014, con una superficie coltivata di circa 640.000 ettari. Su tale contrazione degli ettari coltivati ha inciso il particolare andamento stagionale degli ultimi anni, ma ha giocato un ruolo fondamentale il passaggio verso un livello qualitativo delle produzioni più elevate. Veneto, Emilia-Romagna, Puglia, Sicilia, Piemonte, Toscana e Abruzzo sono le regioni che guidano la classifica della produzione italiana, ma in tutte sono presenti zone con le proprie peculiarità.

Il settore vitivinicolo della regione Marche rappresenta una realtà molto importante per aspetti sia economici che di immagine, infatti la superficie dedicata alla viticoltura si aggira intorno a 15000 ettari (ISTAT, 2018). Le Marche hanno ottenuto il riconoscimento della Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG) per 5 vini (Fig. 1): Castelli di Jesi Verdicchio Riserva– Verdicchio di Matelica Riserva, Conero Riserva, Offida, Vernaccia di Serrapetrona. Oltre alle cinque DOCG, sono presenti, anche, 15 aree a Denominazione di

Origine Controllata (DOC): Bianchello del Metauro, Colli Pesaresi, Pergola, Lacrima di Morro o Lacrima di Morro d' Alba, Esino, Verdicchio dei Castelli di Jesi, Rosso Conero, Colli Maceratesi, Sn Ginesio, I Terreni di Sanseverino, Verdicchio di Matelica, Vernaccia di Serrapetrona, Falerio, Rosso Piceno o Piceno, Terre di Offida.

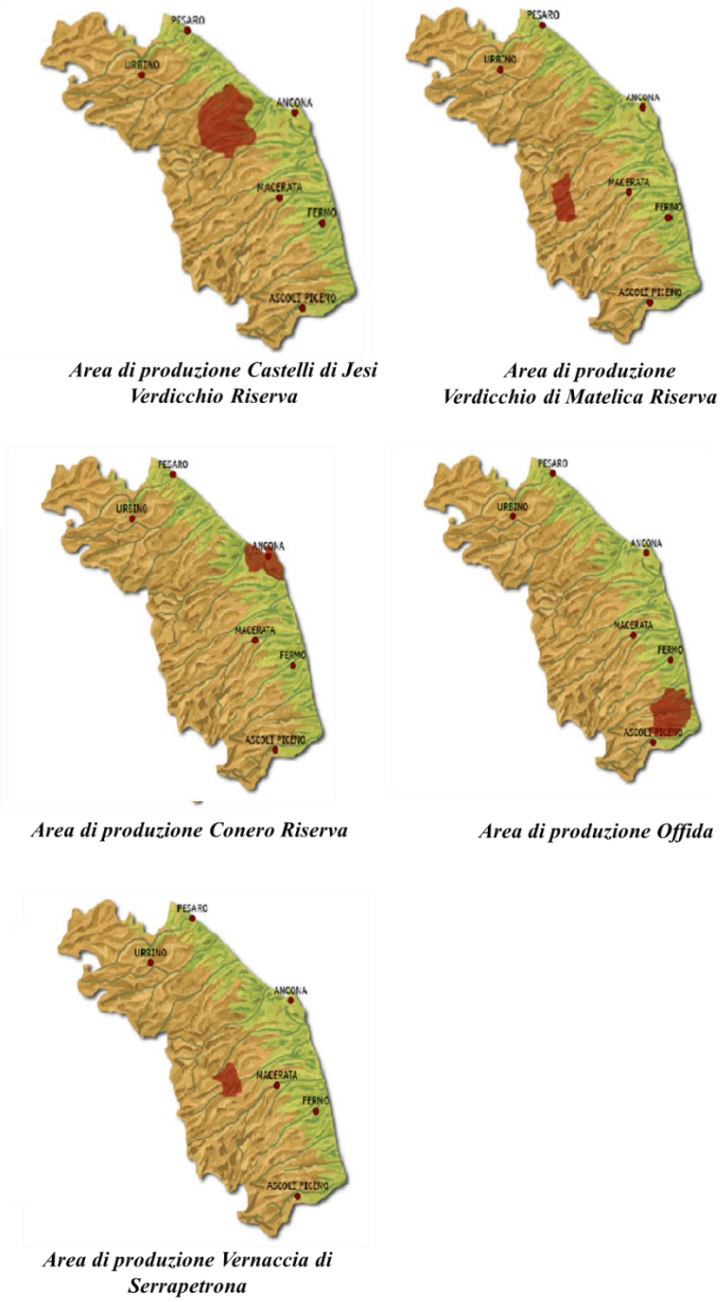

Figura 1: *Principali aree di produzione dei vini a Denominazione di Origine Controllata e Garantita.*

Capitolo 1
MAL DELL'ESCA

Il mal dell'esca è una malattia nota fin dall'antichità: erano stati osservati i sintomi già ai tempi dei Greci e dei Romani, ad esempio ne parlano Catone il Censore e Gaio Plinio Secondo. Descrizione maggiormente accurate sona state ritrovate in scritti risalenti al Medioevo, come il "Kitab al-Felahah" (musulmano spagnolo vissuto a Siviglia alla fine del XII secolo) e l'*Opus Ruralium Commodorum*" di Pietro de' Crescenzi, vissuto a Bologna nel XIII secolo (Mugnai *et al.*, 1999). Gli studi su questa malattia iniziarono solo verso la fine del 1800. Il mal dell'esca, che si manifestava con clorosi e necrosi fogliari, talvolta con maculatura bruna sulle uve bianche fu associata alla presenza di "carie bianca". Quest'ultima, però, è comunemente attribuita a funghi basiomiceti, cioè a *Phellinus igniarius* oppure a *Stereum hirsutum* (Mugnai *et al.*, 1999). Nello stesso periodo Petri riprodusse i primi sintomi interni della malattia con due specie non del tutto classificate appartenenti al gen. *Cephalosporium* e *Acremonium,* osservando che, oltre alla carie provocata dai basiomiceti, le piante malate potevano presentare delle striature bruno-nerastro (Michelon *et al*., 2007). I lavori di ricerca ripresero ripresero verso la fine degli anni '50 in California con Hewitt e Chiarappa, che identificarono la relazione tra i sintomi macchioline nere sugli acini e la carie interna del legno (Mugnai *et al*., 1999). In occasione del I Convegno sul mal dell'esca, svoltosi a Siena nel 1999, la comunità scientifica si convinse che questa malattia fosse ben diversa da come era stata interpretata e studiata dai loro predecessori. Si arrivò quindi alla definizione di diversi quadri sintomatologici (striature brune del legno delle barbatelle, malattia di Petri, esca giovane, carie bianca e esca propria), identificandone come agenti causali *Phaeomoniella clamydospora e Phaeocremonium aleophilum,* per quanto riguarda le prime tre sindromi e *Fomitiporia mediterranea* per la carie bianca. L'esca propria fu descritta come la combinazione di questi tre funghi (Surico, 2010).

Il mal dell'esca è diffuso in gran parte delle aree viticole mondiali, causando notevoli perdite economiche (Borgo *et al*., 2008; Michelon *et al*., 2007). In Italia questa malattia è presente in tutte le regioni da Nord a Sud del Paese. In molte aree il mal dell'esca è presente nel 90-100% dei vigneti con un incidenza annuale variabile dall'1 al 50% e un incremento

medio annuo valutato fra il 4% e il il 5%, la percentuale annua di vite colpite da apoplessia, invece, si colloca intorno al 2% (Parrini *et al.*, 1990).

1.1 Eziologia

Con la denominazione di *Mal dell'esca* viene comunemente indicata una complessa sindrome della vite che nel corso degli anni è andata ad assumere un'importanza sempre più crescente, sia in Italia che all'estero, a causa della sua pericolosità e agli ingenti danni alla produzione e alla vigoria della pianta, fino a determinare spesso la morte (Belli *et al*, 2012). Le due principali malattia che concorrono a considerare questo morbo come a un complesso sono: una tracheomicosi, causata da *Phaeomoniella clamydospora* e/o *Phaeoacremonium aleophilum;* una carie bianca, causata da *Fomitioporia mediterranea.*

1.1.1 Ascomiceti agenti di tracheomicosi

Al genere *Phaeoacremonium* appartengono alcune specie comprendenti ceppi isolati da vite: *P. aleophilum, P. angustius, P. inflatipes, P. parasticum.* Tra le specie nominate sopra *P. aleophilum* è l'unica che in maggiro misura è stata isolata da viti colpite dal mal dell'esca. *P. aleophilum* presenta ife conidiofore erette, raramnete con 1-2 setti, di colore marrone chiaro. I conidi sono ialini di forma elissoidale. Per avere una crescita ideale la temperatura deve essere compresa tra 10 e 35 gradi (Mugnai *et al*., 1999).

Phaeomoniella chlamydospora è stato trasferito a un nuovo genere (*Phaeomoniella*), prima apparteneva al genere *Phaeocremonium,* in quanto geneticamente distante rispetto alle altre specie (Mugnai *et al*., 2010). Presenta ife conidiofore di colere verde-bruno, con 1-3 setti, i conidi sono dritti da elissoidali a ovoidali, di colere marrone chiaro. La temperartura ottimale per la sua crescita è compresa tra i 15 e i 35 gradi (temperatura ottimale 25 gradi).

1.1.2 Basidiomicete agente carie bianca

Fomitiporia comprende numerose specie agenti di di carie bianca del legno. Di questo genere solo *F. mediterranea* attacca la vite (Mugnai *et al*., 2010). Il micelio è inizialmente bianco e fioccoso, ma dopo circa cinque giorni diventa bruno cotonoso. La temperatura ottimale per la sua crescita è di 25 gradi. In natura può produrre corpi fruttiferi che originano spore di tipo sessuato (basidiospore). Esse sono generalmente posizionate sella parte alta del tronco di viti molto vecchie (Michelon *et al*., 2007).

Capitolo 2
SINTOMATOLOGIA

Come detto in precedenza, il mal dell'esca è una malattia complessa a cui concorrono diversi funghi che, in base a vari fattori, possono indurre diverse sintomatologie con una progressione degli stessi (Fig. 2). Da vari emerge che la malattia può iniziare in vivaio, proseguire in impianti giovani e terminare in impianti adulti (Surico *et al.*, 2001). Di seguito vengono descritti i diversi quadri sintomatologici.

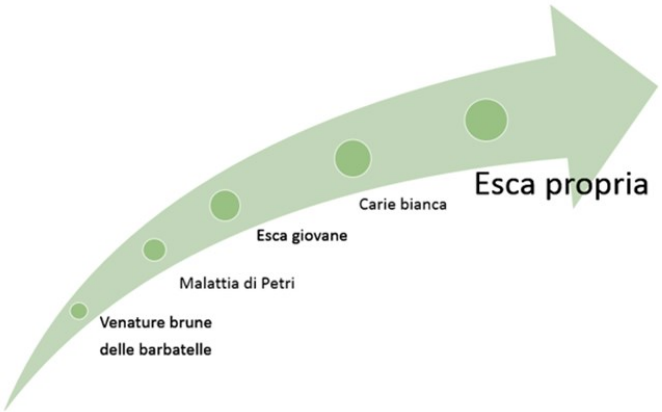

Figura 2: *Sovrapposizione e successione dei diversi quadri afferenti al complesso del mal dell'esca.*

2.1 Venature brune del legno

Questo quadro sintomatologico interessa principalmente barbatelle, portainnesti e le marze e non manifesta alcun sintomo esterno particolare, ed è causato specialmente da *Phaeomoniella chlamydospora.* Facendo una sezione longitudinale o trasversale della barbatella si possono notare delle striature bruno-nerastre nel legno che partono dal punto d'innesto e si allungano sia verso l'alto che verso il basso, raggiungendo spesso l'estremità inferiore del portainnesto (Fig. 3) (sezione longitudinale). La barbatella presenta anche

punteggiature nere sparse o raggruppate intorno al midollo centrale (sezione trasversale) e dai vasi corrispondenti fuoriesce un essudato gommoso (Borgo, et al., 2008).

Figura 3: *Venature brune riscontrate su una barbatella di vite.*

2.2 Malattia di Petri (O "Black Goo")

Questa malattia fu indicata per la prima volta in Italia dal fitopatologo Lionello Petri (1912). Fu dato il nome di "Black Goo" in quanto la caratterista principale è la fuoriuscita di un materiale gommoso scuro dai vasi legnosi tagliati trasversalmente. La malattia di Petri può insorgere in campo o costituire l'evoluzione della malattia delle venature brune delle barbatelle. Può colpire viti molto giovani, già a partire dal primo anno di età; può bloccare lo sviluppo della pianta o di alcune sue parti, perdita di produzione, clorosi fogliare e graduale declino del vigore. I sintomi interni posso riguardare: la presenza di un anello bruno attorno al midollo, fuoriuscita di un liquido gommoso nerastro dal legno infetto (Fig. 4).

Figura 4: *Ceppo di vite potato, dalle cui ferite geme materiale gommoso bruno.*

In qualche caso la malattia può condurre a morte della pianta, in altri casi la pianta continua a vegetare, ma con il passare degli anni la malattia evolve in esca giocane e/o esca propria (Borgo *et al*., 2008). La malattia di Petri è in genere associata alla presenza di *Phaeomoniella chlamydospora.*

2.3 Esca giovane

L'esca giovane è una tracheomicosi che colpisce piante di 3-4 anni, e determina la manifestazione di classiche tigrature sulle foglie, con strisce necrotiche che però non interessano l'area della nervatura. Nelle cultivar a bacca nera tra la banda clorotica e l'area necrotizzata compare una spessa linea di colore violetto, dovuta ad un accumulo di pigmenti antociani nella zona internervale (Fig. 5). L'aspetto tigrato comincia con macchie clorotiche, che si estendono e si uniscono tra loro.

Figura 5: *Foglia tigrata riscontrata su viti a bacca rossa.*

Altri sintomi riguardano gli acini dove possono comparire delle piccole macchie marone scuro o violetto e possono essere distribuite in maniera irregolare sulla superficie o disposte a formare delle bande longitudinali. Le macchie possono necrotizzare provocando spaccature superficiali nelle quali possono insediarsi marciumi secondari. I grappoli colpiti hanno uno sviluppo rallentato e uno scarso accumulo di zuccheri. Un altro sintomo presente sul grappolo è l'avvizzimento delle infiorescenze e delle fruttificazioni, con perdita totale della produzione della pianta (Fig. 6).

Per quanto riguarda i sintomi interni, oltre all'annerimento dei vasi xilematici descritto precedentemente, si hanno zone con imbrunimenti in posizione centrale o settoriale, nel tronco principale e/o nelle branche, in genere collegate a ferite (Mugnai *et al*., 2010). L'esca giovane è solitamente causata da *Phaeocremonium aleophilum, Phaeomoniella chlamydospora.*

Figura 6: *Macchie puntiformi bruno-violacee sugli acini (sinistra), disseccamento dei grappoli (destra).*

2.4 Carie bianca

La carie bianca si sviluppa quando *Fomitiporia mediterranea* invade il tronco della vite decomponendo la lignina, da qui il nome carie bianca, e solo parzialmente la cellulosa, trasformando il legno in una massa spugnosa, friabile di colere bianco-giallastro (Fig. 7).

Figura 7: *Carie bianca riscontrata su un ceppo di vite.*

Il legno una volta colpito dalla carie perde ogni sua funzionalità, anche se, per continuare a vegetare regolarmente, basterebbe che le ultime due o tre cerchie legnose siano ancora vitali e funzionanti (Pratt, 1974). Generalmente la carie bianca non interessa il portainnesto.

2.5 Esca propria

La malattia vede coinvolti, contemporaneamente, tutti i tre principali funghi che sono associati a questa sindrome: *Phoeacremonium ultimum, Phaeomoniella chlamydospora* e *Fomitiporia mediterranea.* I sintomi esterni dell'esca propria sono quelli dell'esca giovane e comprendono: maculatura degli acini, avvizzimento dei grappoli, foglie tigrate e clorosi (Fig. 8). Per quanto riguarda la sintomatologia interna, invece, possono essere presenti carie bianca e venature brune (Mugnai *et al*., 2010). Generalmente l'esca propria si manifesta su viti mature (età superiori ai 10 anni) e può rappresentare l'ultima evoluzione delle sindromi precedentemente descritte. I sintomi sono distinti in cronici e in acuti.

Figura 8: *Sintomi esca propria riscontrati in un vigneto maturo di cv Verdicchio.*

2.5.1 Decorso cronico dei sintomi

I primi sintomi iniziano a comparire all'inizio dell'estate, sono limitati a qualche ramo e procedono dalla base all'apice del tralcio. La forma cronica è caratterizzata da un lento e progressivo disseccamento dei tralci, causando una prematura caduta delle foglie (Michelon

et al., 2007) e si manifesta esteriormente con alterazioni di vario tipo che interessano gli organi verdi della pianta, accompagnate da lesioni interne del legno del tronco e delle branche. È stato dimostrato che la comparsa dei sintomi fogliari è favorita da eventi piovosi (Surico *et al*., 2000), specialmente in particolari stadi fenologici della vite, ma ancora non è chiaro come agisce sulla vite.

2.5.2 Decorso acuto dei sintomi

Le viti colpite da questa forma possono mostrare improvvisi disseccamenti del fogliame (colpo apoplettico) già a partire dal mese di giugno (Fig. 9). L'avvizzimento può riguardare singole branche o l'intera pianta. Talvolta le piante colpite da questo fenomeno riprendono a vegetare nella stessa stagione o in quella successiva, ma di solito, l'apoplessia è sinonimo di morte della pianta (Michelon *et al*., 2007). Generalmente sono colpite da apoplessia le piante che hanno manifestato tutti i sintomi della forma cronica nello stesso anno o in quelli precedenti.

Figura 9: *Apoplessia su piante cv. Sangiovese.*

Capitolo 3
IMPATTO DEL MAL DELL' ESCA E TENTATIVI DI CONTROLLO

3.1 Impatto del mal dell'esca sul vigneto

Il mal dell'esca è una malattia che può causare seri problemi all'interno del vigneto. Come affrontato precedentemente, l'esca non è caratteristica solo delle viti a fine carriera produttiva ma può colpire anche viti giovani. I danni causati dal mal dell'esca possono essere sia diretti, ossia legati ad aspetti qualitativi della produzione e quantitativi, che indiretti, legati alla durata della carriera produttiva del vigneto.

Il materiale di propagazione può già contaminarsi durante le fasi di vivaio. L'utilizzo delle barbatelle infette può causare danni all'attività vegetativa della pianta oppure portare a deperimenti precoci che posso evolvere in malattia di Petri, esca giovane ed esca propria. Per quanto riguarda, invece, le viti mature il danno (diretto) può determinare una riduzione, o addirittura perdita della produzione alterando i parametri che incidono sulla qualità del frutto. Il contenuto di glucosio e fruttosio è influenzato da piante con fogliame che presenta la classica tigratura, avendo una minore superficie fotosintetizzante attiva, diminuisce il quantitativo zuccherino degli acini. I mosti ottenuti, infatti, contengono un basso contenuto zuccherino che porta alla produzione di vini con grado alcolico minore. Il mal dell'esca, infine, può incidere anche sulla vita media del vigneto in quanto piante malate richiedono interventi di potatura o addirittura drastiche estirpazione che possono abbassare la vita media dell'impianto (Michelon *et al*., 2007).

3.2 Tentativi di controllo del mal dell'esca della vite

La lotta al mal dell'esca è basata principalmente su misure preventive, in quanto fino ad ora non esistono prodotti fitosanitari efficaci nel contrastare gli agenti della malattia. L'unico prodotto di sintesi in grado di contrastare questa malattia è l'arsenito di sodio, ma da quando è stato ritirato dal commercio, non sono state individuate altre molecole efficaci. Questo prodotto agisce accumulandosi nei tessuti e probabilmente arresta lo sviluppo del fungo, con un meccanismo d'azione ancora sconosciuto. Vista la mancanza, purtroppo, di un metodo

efficace per curare e contrastare la malattia, sono state messe a punto azioni basate sulla profilassi da utilizzare sia in vivaio che nel vigneto per evitare lo sviluppo della malattia soprattutto già nei primi anni di impianto (Michelon *et al*., 2007). Sembrano comunque promettenti recenti studi preliminari basati sulla combinazione di trattamenti di sostanze chimiche attive che presentano sia proprietà antimicrobiche sia che sono in grado di attivare le reazioni di difesa della pianta (Roblin *et al.,* 2019).

3.2.1 Prevenzione in vivaio

Il controllo che le condizioni igieniche vengano rispettate in vivaio è molto importante, in quanto le occasioni di infezione sono molteplici e possono aver luogo in diversi momenti di lavorazione delle barbatelle: durante la raccolta del materiale di propagazione dalle piante madri, durante l'immersione in acqua nella fase di idratazione, durante l'innesto (Michelon *et al*., 2007). Il materiale di propagazione gioca, dunque, un ruolo molto importante nell'insorgere dell'infezione. Diversi studi svolti, specialmente in Sud Africa, Australia e California (Moretti *et al*., 2005) hanno riguardato l'utilizzo di acqua calda a diversa temperatura utilizzata in punti diversa della filiera, come metodo per devitalizzare i possibili contaminanti microbici.

Questo intervento è stato segnalato come un metodo promettente per il controllo dei funghi tracheomicotici anche per il mal dell'esca. È un trattamento che generalmente viene eseguito su barbatelle attraverso un brusco aumento della temperatura, dato che i funghi dell'esca presentano un intervallo di crescita tra i 10 e i 35 gradi, oltre il quale la loro attività rallenta o viene interrotta (Serra *et al*., 2009; Michelon *et al*., 2007).

Altre sperimentazioni sono in corso in Italia, con lo scopo di verificare l'attività dei trattamenti a base di agenti antagonisti, in particolare *Trichoderma* spp. (Di Marco *et al.,* 2004). Gli agenti di difesa biologica di natura microbica sono funghi o batteri, isolati dall'ambiente naturale, in grado di contrastare lo sviluppo di un organismo patogeno. I funghi del genere del genere *Trichoderma* svolgono un'efficace azione antagonista nei confronti di molti funghi patogeni, ed è proprio per questo che sono impegnati come mezzo di lotta biologica. La loro capacità competitiva è dovuta alla produzione di antibiotici e di metaboliti tossici, e all'attività di parassitismo (Michelon *et al*., 2007).

3.2.2 Prevenzione e controllo del mal dell'esca in vigneto

Tralasciando i prodotti chimici (es. arsenito di sodio), il controllo del mal dell'esca in vigneto si basa principalmente su interventi preventivi e di tipo agronomico (Fig.10) (Gramaje *et al.,* 2018). Queste misure consistono:

- nell'evitare di procurare grandi ferite alla pianta e, se necessario, proteggerle con prodotti cicatrizzanti o fungicidi ad ampio spettro;
- nel trattare le viti con fungicidi subito dopo eventuali danni da gelate;
- nell'eliminare i residui di potatura dal vigneto e l'eventuale legno infetto ed eliminare i tronchi dalle piante morte;
- nel potare prima le viti apparentemente sane e poi quelle sospette, pulendo e disinfettando gli strumenti di taglio utilizzati;
- nell'eliminare tutto il legno cariato e quello alterato circostante e trattare le superfici esposte con appositi prodotti cicatrizzanti;
- nel capitozzare le piante parzialmente infette ad un'altezza di 10-15 cm sotto il legno infetto e allevare un succhione che andrà a sostituire il vecchio tronco (questa tecnica comporta una mancata produzione di 1-2 anni);
- nell'evitare un elevato carico produttivo e stress nutrizionale della pianta, che potrebbero portare ad un indebolimento delle difese immunitari;
- nel limitare condizioni di asfissia radicale.

Figura 10: *Piante infette estirpate che costituiscono possibili fonti di inoculo.*

Una cura tradizionale, applicata ancora oggi, per contrastare questa malattia, consiste nel tagliare longitudinalmente il legno infetto e mantenere aperto il taglio inserendo una

pietra, lasciando il legno marcito esposto all'aria (Rui & Battel, 1962). Questa pratica consente un ritardo dello sviluppo dei sintomi fogliari dell'esca e il mantenimento della produzione della pianta per un certo periodo di tempo (Mugnai *et al*., 1999).

Capitolo 4

OBIETTIVI DELLA RICERCA

Il mal dell'esca è una delle più importanti malattie che colpisce la vite a livello italiano, europeo e mondiale, capace di determinare un forte impatto economico non solo su vigneti a fine carriera produttiva ma sempre più anche su nuovi impianti (Romanazzi *et al*., 2009). Attualmente non sono in commercio formulati chimici capaci di controllare questa complessa e dannosa avversità, anche se ci sono evidenze che c'è una diversa suscettibilità varietale e anche un'influenza del portinnesto sulla gravità dei sintomi (Murolo & Romanazzi, 2014), come anche delle condizioni pedoclimatiche. Sicuramente un ruolo fondamentale lo svolgono i vivai che si debbono attenere a stringenti regole igieniche da adottare durante tutte le fasi di propagazione del materiale vegetale. D'altro canto, nei vigneti sarebbe utile adottare monitoraggi annuali atti a verificare lo stato di salute delle piante nonché la diffusione n campo di malattie come il mal dell'esca. Sempre più frequente è l'applicazione dell'analisi spaziale allo studio dell'epidemiologia, dell'ecologia e della diffusione di malattie nell'ambito della patologia vegetale.

Scopo della presente ricerca è stato quello di seguire il diffondersi del mal dell'esca in tre vigneti situati nella regione Marche nella stagione vegetativa 2019.

La ricerca sperimentale ha previsto:

- sopralluoghi per registrare la posizione delle singole piante infette nonché la gravità dei sintomi nell'anno 2019;
- analisi dei dati ed elaborazione di mappe di diffusione e gravità per ogni vigneto oggetto di studio;
- analisi della distribuzione spaziale delle piante infette all'interno dei vigneti.

Capitolo 5
MATERIALI E METODI

5.1 Posizione dei vigneti analizzati

Nell'estate del 2019 si è proceduto alla verifica di tre vigneti, commerciali, nella provincia di Ancona per rilevare la situazione sintomatologia del mal dell'esca.

Ogni vigneto, preso in esame, è stato identificato con un'abbreviazione che richiama la località di appartenenza (Fig. 11).

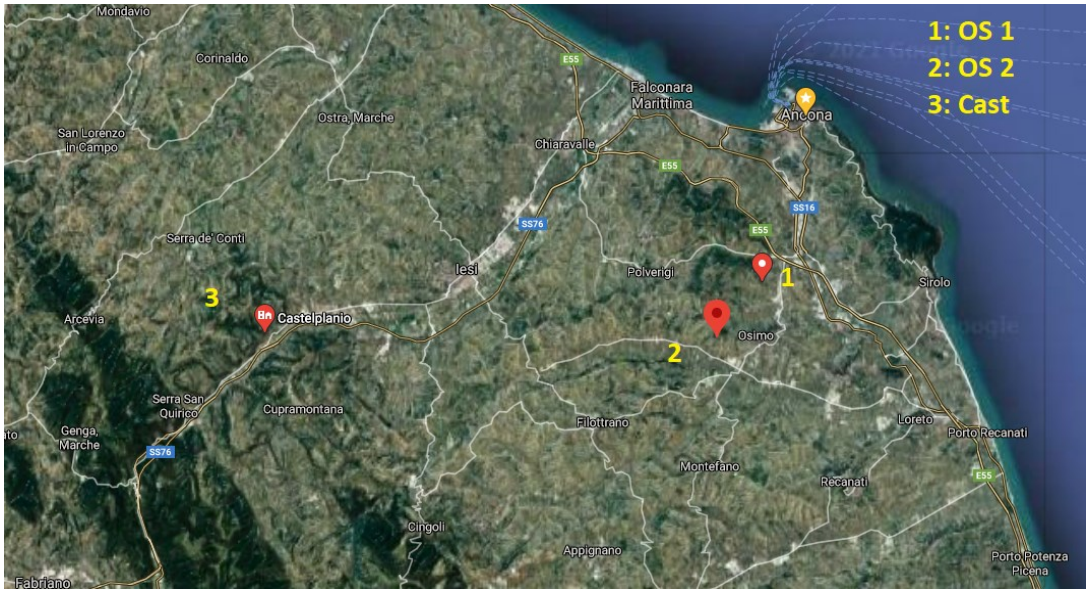

Figura 11: *Localizzazione geografica dei vigneti oggetto di studio.*

5.2 Monitoraggio mal dell'esca

Nella Tabella 1 sono state riportate, per ciascun vigneto preso in esame (OS1, OS2, Cast), le principali caratteristiche stazionali: posizione del vigneto, provincia, proprietà, superficie vigneto monitorato, latitudine, longitudine, altitudine, cultivar, portainnesto, sesto d'impianto, sistema di allevamento.

Tabella 1: Principali caratteristiche dei vigneti in cui è stato effettuato il monitoraggio per il mal dell'esca.

Caratteristiche del sito	**Vigneti**		
	OS 1	**OS 2**	**CAST**
Posizione	Osimo (AN)	Osimo (AN)	Castelplanio (AN)
Proprietà	Azienda Agraria Badialetti	Moncaro Terre Cortesi	Moncaro Terre Cortesi
Area dei vigneti (ha)	1.3	0.95	0.95
Latitudine	43°31'09"N	43°29'0,81"N	43°50'30"N
Longitudine	13°28'47"E	13°26'12.83"E	13°09'50.3"E
Altitudine (m)	463	44	334
Cultivar	Verdicchio	Chardonnay	Verdicchio
Portainnesto	420A (*V. berlandieri* × *V. riparia*) S04 (*V. berlandieri* × *V. riparia*) 41B (*V. vinifera* × *V. berlandieri*) 110R (*V. berlandieri* × *V. rupestris*)	Kober 5BB (*V. berlandieri* × *V. riparia*)	Kober 5BB (*V. berlandieri* × *V. riparia*)
Sesto d'impianto (m) **Sistema di allevamento**	2,5 x 1,5 Guyot	2,5 x 1,5 Controspalliera	2,5 x 1,5 Controspalliera

5.2.1 Vigneto OS 1

Il vigneto è di proprietà dell'Azienda Agricola Cantina Badialetti ed è situato a San Biagio di Osimo, provincia di Ancona, in Via del Fosso, 73 (43°31'09''N – 13°28'47''E) a circa 463 metri sul livello del mare (Fig. 12). Il terreno complessivamente misura circa 2 ettari e la porzione presa in esame per i rilievi è di circa 1,3 ettari, con principale coltivazione di Verdicchio. Le viti impiantate nel 2002, sono state innestate sul portinnesto Kober 5BB (*Vitis berlandieri x Vitis riparia)* con sesto d'impianto di 2,5 m x 1,5 m ed il sistema di allevamento utilizzato è il Guyot.

5.2.2 Vigneto OS 2

Il vigneto è di proprietà dell'Azienda Vitivinicola Moncaro Terre Cortesi ed è situata a Osimo, provincia di Ancona, in Via Gaiano, frazione Casenuove (43°29'81''N – 13°26'12,83''E), a circa 44 metri sul livello del mare (Fig. 13). Il terreno preso in esame è di circa 0.95 ettari, dove viene prodotto Chardonnay. Le viti impiantate nel 2002, sono state innestate su portinnesto Kober 5BB (*Vitis berlandieri x Vitis riparia*) con sesto d'impianto di 2,5 m tra le file e 1,5 m sulla fila ed il sistema di allevamento utilizzato è a controspalliera.

5.2.3 Vigneto CAST

Il vigneto è di proprietà dell'Azienda Vitivinicola Moncaro Terre Cortesi ed è situata nel comune di Castelplanio, in Via Piagge (43°50'30''N - 13°09'50,3''E) (Fig. 14). Il terreno preso in esame è di circa 0.95 ettari, con principale coltivazione di Verdicchio. Le viti impiantate nel 2004 sono state innestate con Kobber 5BB (*Vitis berlandieri x Vitis riparia*) con sesto d'impianto di 2,5 m tra le file e 1,5 sulla fila ed il sistema di allevamento utilizzato è a controspalliera.

Figura 12: *Vigneto OS 1 -Azienda Agraria Badialetti (Osimo, AN).*

Figura 13: *Vigneto OS 2 -Azienda Agricola Moncaro "Terre Cortesi" (Osimo, AN).*

Figura 14: *Vigneto CAST -Azienda Agricola Moncaro "Terre Cortesi" (Castelplanio, AN).*

5.3 Rilievo dei sintomi di mal dell'esca

Per verificare la presenza dei sintomi di mal dell'esca, nei vigneti commerciali presi in esame, sono stati effettuati dei rilievi visivi tra agosto e settembre del 2019 e annotata la presenza o assenza dei sintomi.

Nel rilievo è stata registrata non solo la presenza/assenza dei sintomi, ma è stato anche attribuito a ciascuna pianta un valore da 1 a 4 secondo una scala empirica che descrive l'entità dei sintomi riscontrati sulla pianta (Tab. 2). Inoltre, sono state annotate anche le piante morte.

Tabella 2: *Classi sintomatologiche per la valutazione della gravità dei sintomi fogliari di mal dell'esca della vite.*

CLASSI	***DESCRIZIONE SINTOMATOLOGICA***
0	Pianta asintomatica
1	Sintomi fino a 10 foglie
2	Sintomi fino al 50% della parte aerea
3	Sintomi su più del 50% della parte aerea
4	Apoplessia della pianta

L'utilizzo della scala empirica, per ogni pianta presa in esame, ha permesso di calcolare: la diffusione (D) e la gravità (G).

La diffusione (D) esprime la percentuale di foglie infette sul totale di foglie prese in esame. Tale parametro è stato calcolato con la seguente formula:

$$\mathbf{D= n*100/N}$$

Dove:

n = numero di piante sintomatiche;

N = numero totale di piante osservate.

La gravità (G) esprime la gravità della malattia, relativa alle foglie/tralci sintomatici, facendo riferimento alle classi della scala empirica.

Tale parametro è stato calcolato con la seguente formula:

$$G= \Sigma(c*f)/n$$

Dove:

c = valore classe empirica;

f = frequenza della classe;

n = numero piante infette.

5.4 Analisi della distribuzione spaziale del mal dell'esca

Al fine di effettuare un'analisi della distribuzione spaziale delle piante sintomatiche nei vigneti oggetto dello studio, la posizione di ciascuna pianta è stata identificata facendo riferimento al numero del filare (X) e alla posizione all'interno del filare (Y). Questo procedimento ha consentito la realizzazione di mappe bidimensionali che vanno a riprodurre la distribuzione spaziale delle piante infette nel vigneto, utilizzando il software SYSTAT v.13 (Systat Software Inc.). Lo stesso software ha permesso anche di realizzare mappe a mosaico del vigneto secondo il metodo proposto da Lodwick e Whittle (1970), che oltre a tener conto della posizione delle piante (X, Y) considerano anche i dati relativi alla gravità (Z).

Al fine di verificare se esistesse un gradiente di malattia all'interno dei vigneti, è stata calcolata la percentuale di piante sintomatiche nei diversi filari e all'interno degli stessi, considerando uno stesso numero di interpali (plot). È stata quindi calcolata la curva di regressione che meglio andasse a rappresentare la percentuale delle piante malate in relazione alla distanza dal bordo del vigneto.

Capitolo 6
RISULTATI

6.1 Principali sintomi riscontrati nei vigneti

Dai rilievi in campo effettuati tra agosto e settembre 2019, è stato possibile verificare che il mal dell'esca è ampelopatia comune nei vigneti oggetto d'indagine.

Durante i rilievi sulla vegetazione, i sintomi predominanti sono stati caratterizzati da aree di colore verde pallido o clorotiche, dapprima piccole e isolate, poi più grandi e confluenti fino a formare vaste chiazze giallastre e necrotiche, mentre le nervature principali rimangono verdi. Successivamente, le macchie giallastre hanno assunto una colorazione giallo-bruna ("tigratura"), determinata dalle tossine rilasciate dai funghi patogeni che vivono all'interno dello xilema.

Caratteristiche erano le macchie che dal margine della foglia si insinuavano a cuneo tra una nervatura e l'altra, dapprima erano colorate di giallo poi man mano sono diventate necrotiche, con un alone di colore più vivo al margine sia su piante della cv. Verdicchio, coltivata a Castelplanio e Osimo, che su cv. Chardonnay coltivata ad Osimo (Fig. 15).

Figura 15: *Sintomi ascrivibili al mal dell'esca su foglie di viti adulte delle varietà Chardonnay (A, B) e Verdicchio (C).*

Inoltre, sono stati riscontrati casi di apoplessia, che in genere si verifica durante i mesi estivi, con un decorso rapido della malattia che porta alla morte improvvisa della pianta. Le foglie, prima di cadere, per un certo tempo sono rimaste sulla pianta, mentre la maturazione

dei grappoli si è arresta (Fig. 16). I nuovi ricacci che si sono sviluppati alla base del portinnesto, in genere, risultavano essere asintomatici (Fig. 17 B).

Figura 16: *Pianta apoplettica (A) e pianta morta nell'anno precedente con presenza di ricacci alla base del ceppo (B).*

Altri sintomi ascrivibili al mal dell'esca sono stati evidenti fessurazioni longitudinali sulla parte legnosa del ceppo, note come "mal dello spacco".

Questa sintomatologia è principalmente determinata da *Fomitiporia mediterranea*, agente di carie bianca, in grado di degradare il legno rendendolo friabile e spugnoso (Fig. 17).

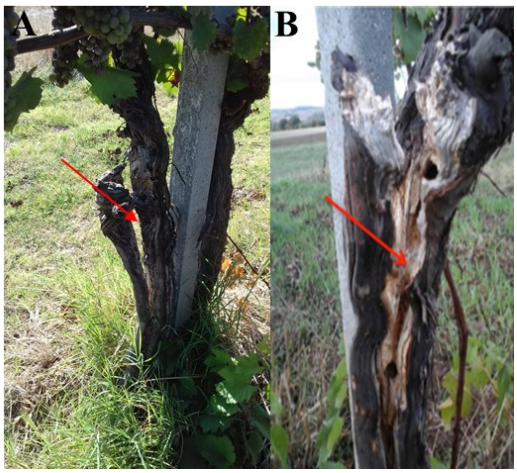

Figura 17: *Sintomi ascrivibili a mal dello spacco, determinati da* Fomitiporia mediterranea.

Per la presenza sia di piante morte che di piante apoplettiche, successivamente capitozzate, è stato possibile riscontrare un elevato numero di fallanze lungo la fila soprattutto nel vigneto di Chardonnay e di Verdicchio ad Osimo (Fig. 18).

Figura 18: *Fallanze lungo la fila nel vigneto di Osimo (OS2 – Chardonnay).*

Gli acini presentavano in alcuni casi macchie puntiformi, e una progressiva disidratazione che portava inevitabilmente al disseccamento (Fig. 19).

Figura 19: *Grappolo con macchie puntiformi (A) e grappoli disidratati e secchi (B).*

6.1 Analisi della distribuzione spaziale

Durante i sopralluoghi effettuati in campo, sono stati i raccolti dati ed elaborati per la creazione di mappe di diffusione, mappe di gravità, analisi della distribuzione spaziale delle piante infette, del gradiente di infezione interfilare e intrafilare rispetto ai bordi del vigneto.

Di seguito vengono riportati i risultati elaborati per ciano dei vigneti oggetto di studio (OS1, OS2, CAST).

6.1.1 Vigneto OS 1

Il vigneto OS 1 nel 2019 risulta costituito, nella sua totalità, da 5414 piante. Durante i rilievi in campo sono individuate 235 piante con sintomi riconducibili al mal dell'esca, con una percentuale di infezione pari al 4,3% e 1595 piante morte, con una percentuale di mortalità del 29,5% (Fig. 20). Le piante con la presenza di sintomi del mal dell'esca presentano una diversa gravità dei sintomi: classe 1 = 28,5%, classe 2 = 34,0%, classe 3 = 23%, classe 4 = 14,5%.

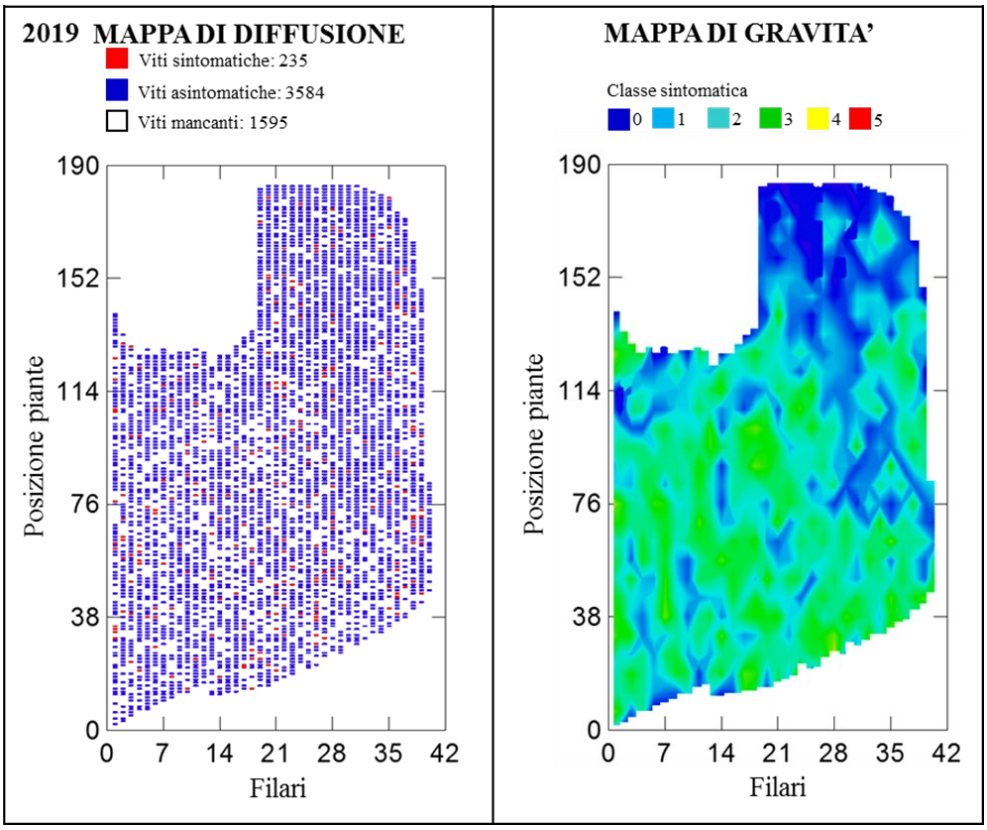

Figura 20: *Mappe di diffusione e gravità di mal dell'esca nel vigneto OS1 (Osimo frazione San Biagio, Ancona).*

Non è stato riscontrato, inoltre, un gradiente d'infezione tra i filari rispetto al bordo, invece si è potute constatare un gradiente di infezione intrafilare, che può essere riassunto con la seguente curva di regressione polinomiale y = -1,0696x2 + 5,3539x + 31,816; R^2 = 0,9568 (Fig. 21).

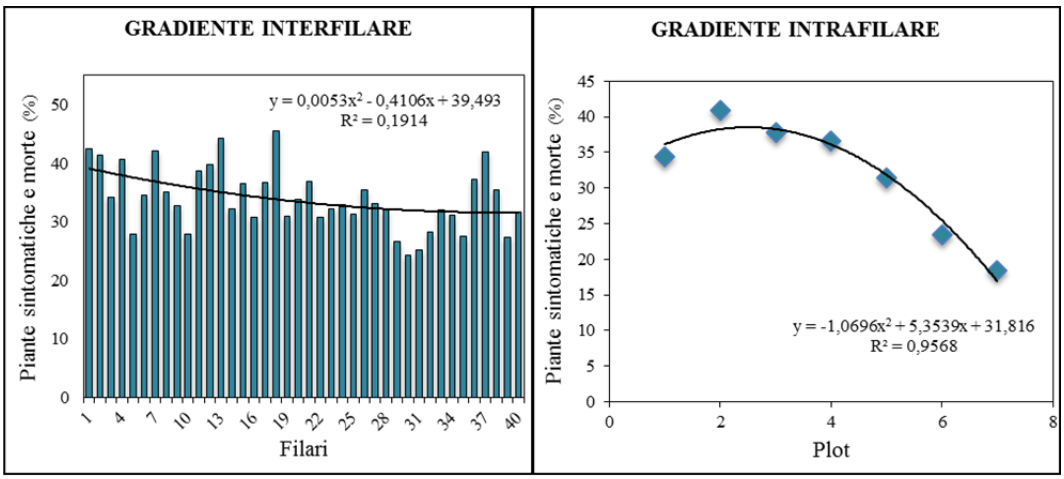

Figura 21: *Gradiente di infezione interfilare e intrafilare di mal dell'esca rispetto al bordo nel vigneto OS1 (Osimo frazione San Biagio, Ancona).*

6.1.2 Vigneto OS 2

Il vigneto OS 2 nel 2019 risulta costituito, nella sua totalità, da 2615 piante. Durante i rilievi in campo sono state individuate 268 piante con sintomi riconducibili al mal dell'esca, con una percentuale di infezione pari al 10,2% e 1014 piante morte, con una percentuale di mortalità del 38,8% (Fig. 22). Le piante con la presenza di sintomi del mal dell'esca presentano una diversa gravità dei sintomi: classe 1 = 18,7%, classe 2 = 26,8%, classe 3 = 32,8%, classe 4 = 21,7%.

Non è stato riscontrato, inoltre, un gradiente d'infezione tra i filari rispetto al bordo, invece si è potuto constatare un gradiente di infezione intrafilare, che può essere riassunto con la seguente curva di regressione polinomiale y = 2,7551x2 - 17,357x + 32,521; R^2 = 0,9635 (Fig. 23).

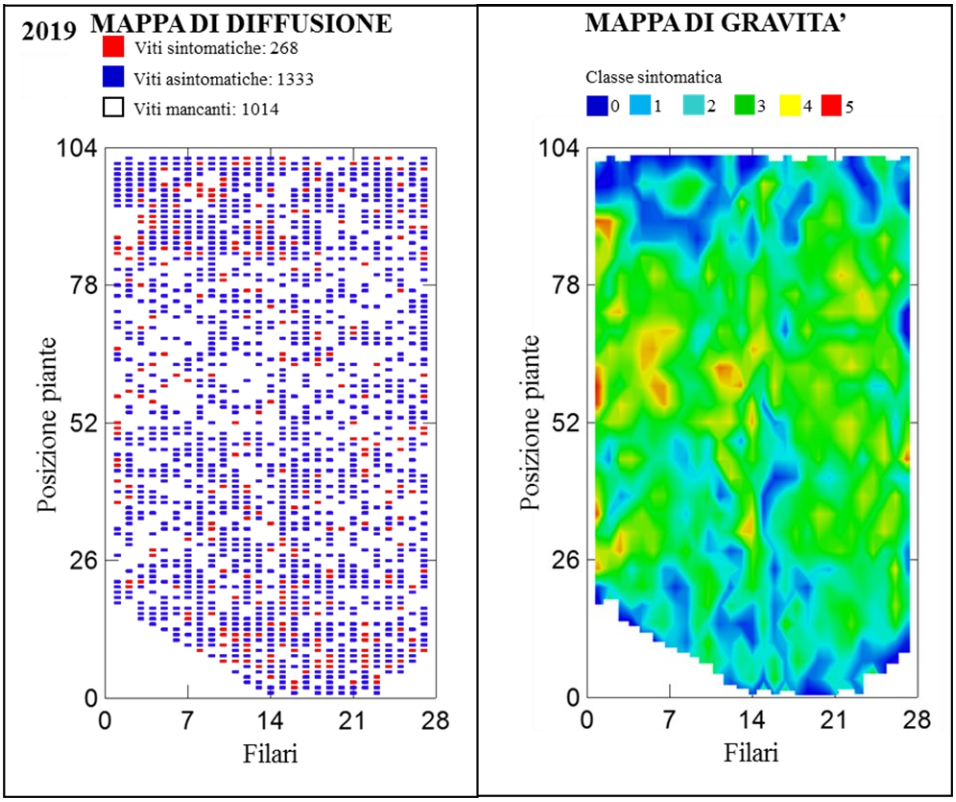

Figura 22: *Mappe di diffusione e gravità del mal dell'esca nel vigneto OS 2 (Osimo Via Gaiano, Ancona).*

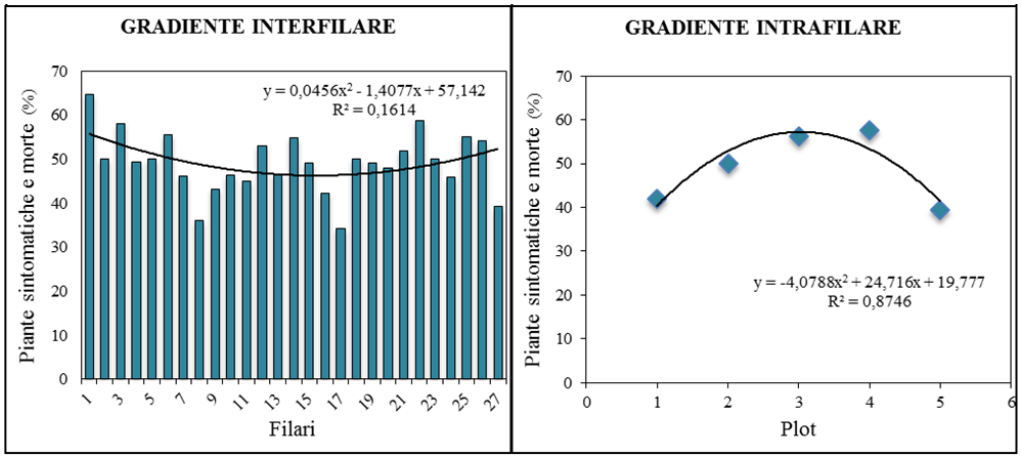

Figura 23: *Gradiente di infezione interfilare e intrafilare del mal dell'esca al bordo del vigneto, vigneto OS 2 (Osimo Via Gaiano, Ancona).*

6.1.3 Vigneto CAST

Il vigneto CAST nel 2019 risulta costituito, nella sua totalità, da 3422 piante. Durante i rilievi in campo sono individuate 556 piante con sintomi riconducibili al mal dell'esca, con una percentuale di infezione pari al 16,2% e 129 piante morte, con una percentuale di mortalità del 3,8% (Fig. 24). Le piante con la presenza di sintomi del mal dell'esca presentano una diversa gravità dei sintomi: classe 1 = 17,5%, classe 2 = 26,4%, classe 3 = 42,8%, classe 4 = 13,3%.

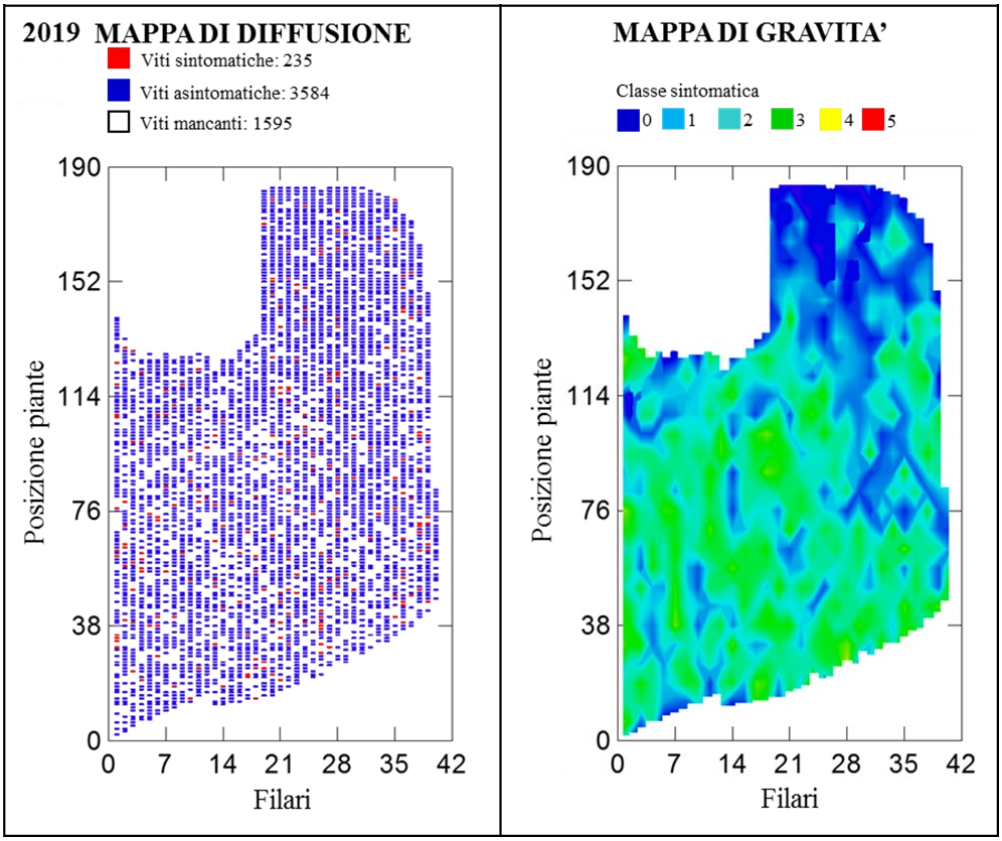

Figura 24: *Mappe di diffusione e gravità del mal dell'esca nel vigneto Cast (Castelplanio Via Piagge, Ancona).*

Non è stato riscontrato, inoltre, un gradiente d'infezione tra i filari rispetto al bordo, invece si è potuto constatare un gradiente di infezione intrafilare, che può essere riassunto con la seguente curva di regressione polinomiale $y = 0{,}124x2 - 2{,}1845x + 26{,}533$; $R^2 = 0{,}99$ (Fig. 25).

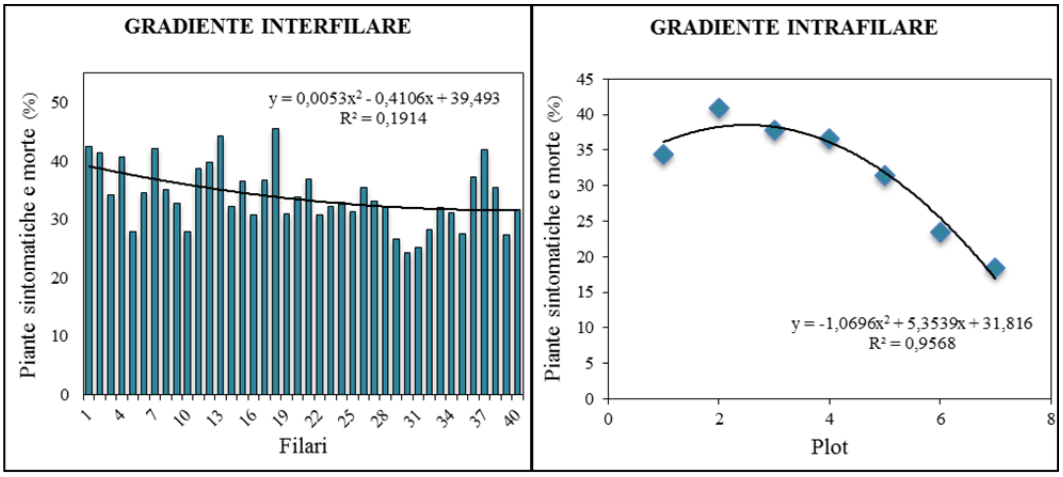

Figura 25: *Gradiente di infezione interfilare e intrafilare del mal dell'esca al bordo del vigneto, vigneto Cast (Castelplanio Via Piagge, Ancona).*

Capitolo 7
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il mal dell'esca è un'ampelopatia comune che causa ingenti danni economici alla viticoltura italiana ed europea interferendo pesantemente sia a livello quantitativo che qualitativo delle produzioni (Mugnai *et al.,* 1999; Bertsch *et al*., 2013; Angelini & Borgo, 2002). I più frequenti sintomi registrati nei tre vigneti oggetto d'indagine sono stati la tigratura fogliare che rappresenta la forma cronica di mal dell'esca. In genere, la maggior parte delle piante che mostrano esternamente tali sintomi, internamente a livello del legno possono mostrare striature nerastre dovute alla colonizzazione dei funghi tracheomicotici *Phaeomoniella chlamydospora* (Pch) e *Phaeoacremonium* (Pal) (Mugnai *et al.,* 1997; Sparapano *et al.,* 2000; Eskalen *et al.,* 2007; Landi *et al*., 2011).

I cambiamenti fisiologici che si verificano nella porzione clorotica delle foglie con strisce di tigre, nella porzione verde circostante di queste foglie e nelle foglie asintomatiche dei tralci di vite che portano anche foglie tigrate, indirettamente suggeriscono che questi cambiamenti sono causati da sostanze tossiche metaboliche. I cambiamenti fisiologici includono alterazioni nella velocità di scambio gassoso, concentrazione di clorofilla, fotosintesi netta, conduttanza stomatica, concentrazione intercellulare di CO_2 e velocità di traspirazione (Petit *et al.,* 2006; Mattii *et al.,* 2010; Ouadi *et al*., 2019).

Le foglie tigrate mostrano anche livelli più alti di fruttosio e glucosio e livelli più bassi di saccarosio. L'amido si abbassa mentre l'acido abscissico sale, così come gli aminoacidi liberi, in particolare la prolina (Mattii *et al.,* 2010; Calamai *et al.,* 2009). Il meccanismo con cui vengono prodotti questi disturbi non è stato ancora chiarito, ma i cambiamenti possono essere un effetto indiretto delle tossine prodotte dai funghi che colonizzano il legno di vite e forse anche da alcuni funghi non patogeni che colonizzano abbondantemente anche il legno di vite. In tal caso questi

cambiamenti sarebbero una risposta della vite alla malattia. Ad esempio, l'aumento dell'acido abscissico nelle foglie, così come l'aumento degli zuccheri solubili e degli aminoacidi, sembra essere legato al deterioramento dei vasi conduttori (Calamai *et al.,* 2010). Sono anche state anche osservate fessurazioni longitudinali dei ceppi, alterazione in genere associata ad infezioni da *Fomitiporia mediterranea*, i cui corpi fruttiferi si formano soprattutto nei periodi piovosi ed umidi. In Europa, tale fungo su vite determina la carie bianca, rendendo il legno friabile e spugnoso (Mugnai *et al.,* 1999; Fischer, 2002). Nei vigneti oggetto di studio sono stati riscontrati casi di apoplessia, cioè piante che improvvisamente avvizziscono e disseccano (Surico *et al.,* 2008). Le cause dell'apoplessia non sono ancora del tutto note, anche se è stato osservato che le alte temperature associate alla siccità promuovono la forma "acuta" della malattia (Surico *et al.,* 2000). Alla ripresa vegetativa, l'anno successivo, le piante colpite da apoplessia possono talvolta riprendere a vegetare emettendo polloni dalla parte del fusto sottostante al legno alterato (Geoffrion, 1982).

I dati rilevati durante il presente studio in tre vigneti commerciali ci forniscono una fotografia dello stato sanitario rispetto ad una stagione vegetativa. Per poter calcolare la reale incidenza del mal dell'esca, senza trascurare alcune delle piante infette, è necessario estendere il periodo di osservazione considerando almeno dai 3 ai 5 anni (Romanazzi *et al.,* 2009). Infatti, i sintomi fogliari di esca chiaramente visibili durante l'estate, possono esprimersi in maniera discontinua, poiché influenzati da fattori esterni al complesso pianta-patogeno (piogge e temperature), che possono variare di anno in anno (Surico *et al.,* 2000). Oltre ai fattori climatici, i sintomi della malattia sembrano dipendere dall'età in cui la pianta viene infettata (Chiarappa, 1997; Mugnai *et al.,* 1996a; Mugnai *et al.,* 1999; Feliciano *et al.,* 2004; Eskalen *et al.,* 2007), dalla concomitanza di stress abiotici (Surico *et al.,* 2008) e fattori pedoclimatici come la pioggia, la temperatura dell'aria, la pendenza del vigneto, il tipo di terreno e l'esposizione al sole (Graniti *et al*., 2000; Landi *et al.,* 2012; Lecomte *et al*., 2012; Andreini *et al*., 2014), dalle differenze legate alla suscettibilità varietale, alle caratteristiche del vigneto, al sistema di allevamento, all'influenza esercitata dal tipo di portinnesto e da condizioni di stress (eccesso di umidità del terreno) (Surico *et al.,* 2000; Marchi, 2001; Corti, *et al*., 2004; Surico *et al.,* 2004; Murolo & Romanazzi, 2014). Inoltre la vite è esposta al rischio di infettarsi durante il periodo di potatura per

l'alto numero di ferite, che rimangono particolarmente recettive per diverse settimane (Eskalen *et al.,* 2007; Úrbez-Torres & Gubler, 2008). Un ruolo particolarmente importante è svolto anche dalle comunità microbiche associate alla rizosfera e i funghi e batteri endofiti che possono popolare i vari tessuti della pianta (Berlanas *et al.*, 2019; Niem *et al.*, 2020; Almeida, 2007).

I vigneti di cui è stato oggetto lo studio presentano da diversi anni numerose piante con sintomi riconducibili al mal dell'esca. I sopralluoghi in campo per il rilevamento della malattia sono stati svolti ad agosto-settembre quando le piante mostrano sintomi maggiormente evidenti, permettendo così una miglior comprensione sia della diffusione che della gravità della malattia e la successiva elaborazione di mappe bidimensionali. Nel 2019 il vigneto CAST ha fatto riscontrare il più alto numero di piante malate con una percentuale pari a 42,6% e OS 1 con il minor numero di piante infette pari a 14,5%. Si è visto che i vari vigneti presentavano una percentuale più alta di viti con sintomi riconducibili alle classi 2 e 3 della scala empirica utilizzata per la gravità, mentre una minor percentuale di viti che ricadevano nelle classi 1 o 4.

Nel presente lavoro i dati epidemiologici raccolti sono stati utilizzati per l'analisi della distribuzione spaziale. L'analisi delle mappe bidimensionali ha permesso di valutare la distribuzione delle piante malate all'interno del vigneto, anche in relazione alla gravità. Studiando i gradienti d'infezione intrafilare e interfilare nei vigneti oggetto di studio per il mal dell'esca, non è stato riscontrato un gradiente d'infezione interfilare statisticamente significativo per nessuno dei tre vigneti presi in esame. Statisticamente significativo, invece, è il gradiente d'infezione intrafilare per i tre vigneti considerati anche se sono rappresentati da curve di regressione diverse. In particolare nei vigneti CAST e OS1 è stata riscontrata una riduzione progressiva della percentuale di piante sintomatiche da ovest ad est, invece nel vigneto OS2 è stata riscontrata una maggiore presenza di piante sintomatiche nella parte centrale e una riduzione verso entrambi i bordi.

Il presente studio sul monitoraggio della distribuzione spaziale di mal dell'Esca in tre diversi vigneti costituisce un importante base su cui pianificare azioni mirate alla prevenzione e alla mitigazione di tale malattia sia in vigneti giovani che in vigneti adulti.

Capitolo 8
BIBLIOGRAFIA

Almeida F., 2007. *Technical note 2 -grapevine wood diseases -Eutypa dieback and esca, ADVID Technical Notes pp.* 1-14.

AIS MARCHE, 2011. *AIS Marche.* [Online] Available at: http://www.aismarche.it/denominazioni-DOCG-DOC-e-IGT-dei-vini-marchigiani.cfm

Andreini L. Cardelli, R., Bartolini, S., Scalabrelli, G., Viti R., 2014. Esca symptoms appearance in Vitis vinifera L.: Influence of climate, pedo-climatic conditions and rootstock/cultivar combination. *Vitis* 53(1): 33-38.

Angelini E. & Borgo M., 2002. Diffusione della flavescenza dorata della vite in Italia e relazioni con vitign, pratiche agronomiche e materiali di propagazione. *Atti "Giornate Fitopatologiche"* 1: 35-50.

Belli G., 2012. *Elementi di patologia vegetale.*

Bertsch C. Ramirez-Suero M., Magnin-Robert M., Larignon P., Chong J., AbouMansour E., Spagnolo A., Clement C., Fontaine F., 2013. Grapevine trunk disease: Complex and still poorly understood. *European Journal of Plant Pathology* 62: 243-265.

Borgo M. Bellotto D., Dal Cortivo G.L., Zanzotto A., Tosi E., Marchesini E., 2008. *Sensibilità varietale al Mal dell'esca della vite nel Veneto. Atti "Giornate Fitopatologiche*" 2: 223-230, Cervia (RA), Italy.

Pratt C., 1974. Vegetative anatomy of cultivated grapes. *American Journal of Enology and Viticulture.*

Chiarappa L., 1997. Phellinus igniarius: la cuasa del decadimento spugnoso del legno del morbo del morbillo nero ("esca") delle viti. *Phytopathologia Mediterranea* 36: 109-11.

Corti G., Agnelli A., Cuniglio R., Ricci F., Panichi M., 2004. Suolo e mal dell'esca della vite: il punto dall'inizio delle indagini. *L'Informatore Agrario* 12: 79-83.

Di Marco S., 2015. *Il complesso del mal dell'esca della vite: nuove acquisizioni su eziologia, epidemiologia e difesa.* [Online] Available at: https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Settimo_convegno_Gowan_2015/07-S-DI-MARCO---Mal-dell-Esca.pdf.

Di Marco S., Osti F. & Cesari A., 2004. Experiments on the control of esca by Trichoderma. *Phytopathologia Mediterranea* 43: 108-115.

Eskalen A., Feliciano A. & Gubler W., 2007. Susceptibility of grapevine pruning wounds and symptom development in response to infection by *Phaeoacremonium aleophilum* and *Phaeomoniella chlamydospora*. *Plant Disease* 91: 1100-1104.

Fischer M., 2002. A new wood-decaying basidiomycete species associated with esca of: Fomitiporia mediterranea (Hymenochaetaceae). *Mycological Progress* 1: 315- 324.

Geoffrion R., 1982. L'Esca de la vigne. *Phytoma* 335, 25-26.

Graniti A., Surico G. & Mugnai, L., 2000. Esca of grapevine: a disease complex or a complex of diseases? *Phytopathologia Mediterranea* 39: 16-20.

ISTAT, 2018. *ISTAT.* [Online] [Consultato il giorno Gennaio 2021].

Lecomte P. Darrieutort G., Limiñana J.M., Comont G., Muruamendiaraz A., Legorburu F.J., Choueiri E., Jreijiri F.E., El Amil R., Fermaud M., 2012. New insights into esca of grapevine: the development of foliar symptoms and their association with xylem discoloration. *Plant Disease* 96: 924-934.

Marchi G., 2001. Susceptibility to esca of various grapevine (Vitis vinifera) cultivars grafted on different rootstocks in a vineyard in the province of Siena (Italy). *Phytopathologia Mediterranea* 40: 27-36.

Michelon L., Pellegrini C., Pertot I., 2007. *Il mal dell'esca della vite,* Safe Crop Center Istituto Agrario San Michele all'Adige p. 73.

Moretti G., Gardiman M. & Lovat, L., 2005. Moltiplicazione per innesto di marze e tale di vite affette dal mal dell'esca. *Informatore Fitopatologico.*

Mugnai L., Graniti A., Surico G., 1999. Esca (Black Measles) and brown wood streaking: two old and elusive disease of grapevine. *Plant Disease,* pp. 404-418.

Mugnai L., Guiggiani M., Bazzo F., Marchi G., Surico G., 2010. Il mal dell'esca e la carie bianca del legno: agenti causali, sintomatologia e casi studio . In: P. Mesvit, a cura di *Il Mal dell'Esca della vite,* Progetto Mesvit, 65-73.

Murolo S. & Romanazzi G., 2014. Effects of grapevine cultivar, rootstock and clone on esca disease. *Australasian Plant Pathology* 43: 215-221.

Parrini C., Pandolfo F.M., 1990. Incidenza delle malattie e difesa dei vigneti in Toscana.

Pratt C., 1974. Vegetative anatomy of cultivated grapes. *American Journal of Enology and Viticulture.*

Romani R., 2017. *Il mondo del Sommelier.* s.l.:Associazione Italiana Sommelier.

Rui D. & Battel C., 1962. Messa a punto di un nuovo mezzo di lotta contro il "mal dell'esca" della vite. *Notiziario Malattie delle Piante* .

Serra S., Mannoni M., Ligios V. & Demontis A., 2009. Occurence of *Phaeomoniella chlamydospora* in grapevine planting material. *Phytopathologia Mediterranea.*

Stocco M. & Malossini G., 2016. *Il mal dell'esca della vite, alcuni aspetti relativi alla difesa.* [Online] Available at: http://www.ersa.fvg.it/export/sites/ersa/aziende/in-formazione/notiziario/allegati/2016/1/Il-mal-dellesca.pdf

Surico G., 2010. Notizie storiche sul mal dell'esca. In: P. MesVit, a cura di *Il Mal dell'Esca della Vite.*

Surico G., Marchi G., Braccini P. & Mugnai L., 2000. Epidemiology of esca in some vineyards in Tuscany (Italy). In: *Phytopathologia Mediterranea* 39:190-205.

Surigo G, Mugnai L., 2001. Sulla presenza di venature brune della vite. In: *L'informatore fitopatologico* 5: 22-26.

Finest Grape Tech, 2009. *Il complesso del Mal dell'Esca.* [Online] Available at: https://www.finestgrapetech.com/wp-content/uploads/2019/09/Il-complesso-del-Mal-dellEsca.pdf

Úrbez-Torres, J. & Gubler , W., 2008. Double pruning, a potential method to control Bot canker disease of grapes, and susceptibility of grapevine pruning wounds to infection by Botryosphaeriaceae. *Phytopathologia Mediterranea* 48: 98-111.

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare il Professor Gianfranco Romanazzi e il Professor Sergio Murolo per l'aiuto datomi in questo periodo e per la pazienza.

Un ringraziamento speciale lo vorrei dedicare alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto nei periodi di crisi, paura e fragilità, senza di loro non sarei qua a festeggiare questo traguardo.

Ringrazio i miei splendidi amici per il loro aiuto, ma soprattutto, per la forza che mi hanno trasmesso in questi anni.

Grazie a tutti.