



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE: CURRICULUM
VITICOLTURA ED ENOLOGIA

**GESTIONE INTERFILARE E RISPOSTA
VEGETATIVA DI VITI DI
MONTEPULCIANO NELL'AREA CONERO**

**Inter-row management and vegetative response of
Montepulciano grapevines in the Conero area**
TIPO TESI: sperimentale

Studente:
LEONARDO DI LODOVICO

Relatore:
PROF. ORIANA SILVESTRONI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Sono giunto al termine di un percorso, che di universitario non ha proprio nulla. Questi tre anni strani e molto diversi l'uno dall'altro. I primi due vissuti a casa tra lezioni a distanza e calcetti, che poi a dirla tutta non sono stati così male. Tuttavia, non valgono nemmeno la metà dell'ultimo anno, che nei piani doveva essere vissuto in Ancona, ma nella realtà le cose sono andate diversamente. Tutto ho fatto tranne che vivere la mia ultima chance di vita universitaria, ma alla fine non è andata così male. Ora non sto qui a raccontarvi, perché sarebbe un ottimo oggetto per una tesi futura, ma in breve posso dirvi che è stato l'anno più bello della mia vita e non esagero. La vita mi ha riservato un grande dono, quello di conoscere la persona che mi ha accompagnato fin qui, tra felicità e litigi è stata sempre al mio fianco, e ad oggi è la persona che amo e parte della mia grande famiglia. Anche a loro dedico queste poche righe (scritte male), perché sono state man forte senza fare nulla in particolare, ma con l'amore mi hanno dato la forza. Grazie a loro sono diventato la persona che voglio essere, non parlo di prestigio o fama (perché per quella serve lavoro e una spolverata di fortuna), ma di principi che forse oggi sono sempre più rari. Grazie anche a te, Giuly (per evitare musi lunghi), mi hai mostrato quello che nel mio piccolo non riuscivo a vedere, un nuovo punto di vista per osservare l'orizzonte (sentire la morte in faccia appeso alla criniera di un cavallo ha aiutato sicuramente). Non per ultimi voglio dedicare una piccola frase, che dice tutto, per i miei amici: "chi c'è per pome per un calcetto?". Ohoh (dedica nascosta) dimenticavo un grazie anche al mio* cane, amico fedele di lunghe passeggiate a raccogliere alimurgiche varie.

E di Ancona, ricordo solo qualche uscita con il mio amico Giuseppe (il freddo che abbiamo provato vale un'aurora boreale in Lapponia...Fato me lo lego al dito se non mi dai questa possibilità) e qualche pasto trascorso con i miei compagni di corso. Tuttavia, non è stata poi cattiva con me, due posti mi ha dato per passare due sere indimenticabili...con chi e dove lo lascio pensare a voi. Ci sono... penso di avere detto tutto forse male ma non importa. Grazie.

Ps le parentesi servono per dare un'idea all'unica persona che comprenderà tutto questo.

SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	5
ELENCO DELLE FIGURE	6
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	8
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	10
CAPITOLO 1	12
1.1 Composizione minerale	12
1.2 Sostanza organica.....	13
1.3 Struttura del suolo	15
1.4 Erosione del suolo.....	16
1.5 Biodiversità del suolo e del sistema vigneto	19
1.6 Emissioni di gas	21
CAPITOLO 2	24
2.1 Sviluppo vegetativo	24
2.2 Stato idrico della vite	25
2.3 Incidenza dei parassiti e delle malattie	26
2.4 Produzione	30
2.5 Composizione degli acini.....	32
CAPITOLO 3	35
3.1 Valutazione delle colture di copertura	37
3.2 Comportamento vegetativo delle viti.....	38
3.3 Decorso meteorologico	39
3.4 Analisi dei dati	39
CAPITOLO 4	40
4.1 Decorso meteorologico	40
4.2 Evoluzione stagionale della copertura vegetale	42
4.3 Comportamento vegetativo delle viti.....	57

CONCLUSIONI	59
BIBLIOGRAFIA	62

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1-1: Componenti del coefficiente di deflusso (da Bonciarelli, 1993)	17
Tabella 1-2: Sommario dei coefficienti di ruscellamento e perdite di suolo per erosione. AP: precipitazioni annuali; P: pendenza; D: durata in anni dell'esperimento; C: coefficiente di ruscellamento; In: inerbimento; L: leguminose; G: graminacee.	18
Tabella 2-1: Localizzazione delle prove esaminate, varietà di vite impiegate e tipologie di gestione del suolo messe a confronto per lo studio delle relazioni tra gestione del suolo e malattie della vite. M = clima mite (media T 12-15 °C).	29
Tabella 4-1: Precipitazioni cumulate mensili registrate nel triennio.....	41
Tabella 4-2: Temperatura media mensile registrata nel triennio 2020-23 dalla stazione Baraccola.....	42
Tabella 4-3: Biomassa vegetale sfalciata (g/m ²) nel 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (<i>Trifolium alexandrinum</i>) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.....	54
Tabella 4-4: Copertura del suolo e composizione floristica delle essenze presenti nell'interfilare al rilievo del 21 aprile 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (<i>Trifolium alexandrinum</i>) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.....	55
Tabella 4-5: Copertura del suolo e composizione floristica delle essenze presenti nell'interfilare al rilievo del 28 luglio 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (<i>Trifolium alexandrinum</i>) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.....	55
Tabella 4-6: Comportamento vegetativo di Montepulciano in parcelle con diversi inerbimenti dell'interfilare e sottofila lavorato. Inerbimento annuale con leguminose (<i>Trifolium alexandrinum</i>) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.	58

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 3-1: Blocco vitato oggetto di studio nell'ortofoto del 2001 e in quella del 2010 che presenta la delimitazione dei tre appezzamenti (linea rossa). Le prove sono state condotte nell'appezzamento Ca1.....	36
Figure 3-2: Semi <i>Trifolium alexandrinum</i>	37
Figura 4-1: Distribuzione delle precipitazioni nel triennio 2021-23.....	40
Figure 4-2: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato il 30 dicembre 2022 (in alto) e il 11 aprile 2023 (in basso). Foto O. Silvestroni.....	44
Figure 4-3: Particolari di interfilari del vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> . Le foto, scattate il 30 dicembre 2022 mostrano la leguminosa che ha iniziato da poco il suo sviluppo a 40 giorni dalla semina su sodo condotta il 10 novembre (Foto O. Silvestroni).....	45
Figure 4-4: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato durante i rilievi del 20 e 21 aprile 2023. Inerbimento naturale in alto, inerbimento con <i>Trifolium alexandrinum</i> in basso (Foto O. Silvestroni).....	46
Figure 4-5: Particolare di interfilare inerbito naturalmente nel vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> . Foto scattata durante i rilievi del 21 aprile 2023 (Foto O. Silvestroni).....	47
Figure 4-6: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato durante il controllo in campo del 9 maggio 2023. Inerbimento con <i>Trifolium alexandrinum</i> in alto, inerbimento naturale in basso (Foto O. Silvestroni).....	48
Figure 4-7: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato durante i rilievi del 24 maggio 2023. Inerbimento con <i>Trifolium alexandrinum</i> in alto a destra, inerbimento naturale in alto a sinistra e in basso (Foto O. Silvestroni).....	49

Figure 4-8: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato durante i rilievi del 8 giugno 2023. Inerbimento con <i>Trifolium alexandrinum</i> in alto, inerbimento naturale in basso (Foto O. Silvestroni).....	50
Figure 4-9: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con <i>Trifolium alexandrinum</i> fotografato durante i rilievi del 16 giugno 2023. Inerbimento con <i>Trifolium alexandrinum</i> in alto a destra, inerbimento naturale in alto a sinistra e in basso (Foto O. Silvestroni).....	51
Figure 4-10: Panoramica dell'interfilare inerbito con <i>Trifolium alexandrinum</i> in alto e dettaglio della copertura pacciamante in basso fotografati durante le verifiche del 27 luglio 2023 (Foto O. Silvestroni).	52
Figure 4-11: Panoramica dell'interfilare inerbito naturalmente in alto e dettaglio della copertura erbacea che lo ricopre in basso fotografati durante le verifiche del 27 luglio 2023 (Foto O. Silvestroni).	53
Figure 4-12: Evoluzione stagionale dell'altezza media delle piante erbacee presenti negli interfilari seminati il 10 novembre 2022 con <i>Trifolium alexandrinum</i> a confronto con gli interfilari contigui lasciati inerbire naturalmente da due anni.....	56
Figure 4-13: Immagine di una chioma di Montepulciano da analizzare con Viticanopy per determinarne dimensioni e porosità (Foto Marco Narcisi).	57

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

APA	Azoto prontamente assimilabile
B	Boro
CA	Calcio
CFC	Clorofluorocarburi
CU	Rame
FE	Ferro
GG	Gradi Giorno
GHG	Gas serra
H ₂ O	Acqua
K	Potassio
MG	Magnesio
MN	Manganese
MO	Molibdeno
N	Azoto
N ₂	Azoto Molecolare
N ₂ O	Protossido di azoto
NAT	Interfilari inerbiti naturalmente
NH ₄	Ammoniaca
P	Fosforo
S	Zolfo
SF ₆	Esafluoruro di zolfo
SOC	Sostanza organica

SS	Sostanza secca
TA	Acidità titolabile
TSS	Solidi solubili totali
ZN	Zinco

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

I sistemi di impianto più utilizzati in viticoltura sono a spalliera e presentano un'ampia superficie di terreno, l'interfilare, non coperta dalla vegetazione delle viti e variamente gestita. La gestione del terreno nella zona dell'interfilare è cruciale e può dare origine a fenomeni negativi per lo sviluppo della vite e influenzare le caratteristiche chimico-fisiche del terreno. Per promuovere la sostenibilità ambientale nella viticoltura, è necessaria una profonda conoscenza delle questioni legate agli ecosistemi dei vigneti. La gestione del suolo svolge un ruolo fondamentale per la risposta della vite alle condizioni ambientali e nell'espressione del suo potenziale produttivo e qualitativo. La gestione del suolo dell'interfilare ne influenza le proprie caratteristiche, quali la sua fertilità, la sostanza organica, alcune proprietà fisiche come la struttura e i fenomeni erosivi; e i fattori ambientali, quali la biodiversità nel vigneto e le emissioni di gas serra.

La consapevolezza delle limitazioni dovute alle lavorazioni ordinarie del suolo ha suggerito il passaggio dalla monocoltura alla gestione ausiliaria del vigneto con colture di copertura. L'inerbimento rappresenta un'alternativa alle lavorazioni ordinarie del suolo e consiste nel rivestire il terreno occupato dal vigneto con una copertura erbacea, la cui crescita viene controllata per mezzo di sfalci e/o trinciature, lasciando in situ la biomassa. Questa pratica può avere degli effetti positivi nel vigneto grazie al conseguente incremento della sostanza organica del suolo e dell'infiltrazione dell'acqua, che grazie a una stabilità degli aggregati che costituiscono la struttura, riduce l'erosione e l'emissione dei gas serra nell'atmosfera. Inoltre, comporta un incremento della biodiversità, del suolo e del vigneto, con ripercussioni positive sull'agro-ecosistema, e quindi anche sulle performance del vigneto.

Le colture di copertura si sono rivelate uno strumento utile per limitare la vigoria della vite qualora questa risulti eccessiva. L'uso delle colture di copertura fornisce vantaggi aggiuntivi come la riduzione dell'uso di erbicidi e quella dei rischi associati alla contaminazione delle acque sotterranee, prevenendo il dilavamento dei nitrati nel suolo verso le acque di falda e assorbendo e immagazzinando l'eccesso di azoto del suolo.

A questi benefici però, si affiancano dei rischi provocati da un'influenza negativa sulle viti, che porta all'aumento della patogenicità qualora le specie che costituiscono l'inerbimento

siano ospiti di vettori e malattie, e la competizione con le viti per usufruire dell'acqua e delle risorse del suolo.

Le modalità di applicazione dell'inerbimento sono molto diversificate e variano secondo le caratteristiche pedo-climatiche, la necessità di tutelare l'ambiente, le esigenze delle viti e in base agli obiettivi enologici. L'inerbimento può essere quindi distinto in naturale, quando si forma spontaneamente, o artificiale quando seminato. Le varietà maggiormente sperimentate e utilizzate sono riconducibili alle famiglie delle Poaceae (graminacee) e delle Fabaceae (leguminose), che possono essere usate in miscela o singolarmente.

Le graminacee a taglia bassa richiedono un numero relativamente limitato di trinciature, sono dotate di elevata competitività nei confronti delle infestanti e grazie al loro apparato radicale fascicolato, garantiscono una buona portanza alle macchine agricole. Inoltre, forniscono buoni risultati di inerbimento soprattutto nelle aree con piovosità non limitante ed elevata disponibilità di azoto nel terreno.

Le leguminose non forniscono gli stessi vantaggi di copertura delle graminacee, ma incrementano le concentrazioni di azoto nel terreno per azoto fissazione. In generale, le leguminose sono principalmente consigliate per l'inerbimento degli ambienti meridionali in quanto sensibili al freddo. Tra le leguminose annuali, quelle auto riseminanti a ciclo vegetativo autunno-primaverile come il trifoglio sotterraneo o mediche annuali stanno suscitando un crescente interesse grazie alla loro limitata competizione nei confronti della vite, nonostante mostrino un'azione anti-erosiva nel periodo più piovoso e un effetto pacciamante grazie ai residui secchi lasciati in estate.

La semina, se le condizioni climatiche lo consentono, viene effettuata dopo la vendemmia, per permettere alle piante di germinare e di accestire prima dell'inverno, garantendo una buona copertura del suolo. In caso di semine primaverili, la scelta delle essenze è indirizzata su varietà precoci in grado di affrancarsi rapidamente.

Le *cover crop* possono essere classificate secondo la durata dell'inerbimento: annuali o permanenti quando sono presenti durante tutto l'arco dell'anno, temporanee quando sono presenti solo per una parte della stagione.

L'inerbimento può interessare l'intera superficie del vigneto, ma in genere si stabilisce nell'interfilare, in modo da facilitare la gestione del vigneto nel sottofila. La crescita del cotico viene controllata con trinciature e/o rullature periodiche volte a limitare la competizione delle erbe nei confronti della vite. La biomassa, rimanendo in situ, copre completamente la superficie del suolo, proteggendola dai fenomeni erosivi. Tale effetto può essere ridotto in particolari condizioni ambientali.

Capitolo 1

Gli effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche del suolo

1.1 Composizione minerale

La vite ad uva da vino è una pianta relativamente parca per quel che riguarda la fertilizzazione, che è generalmente volta a raggiungerne una migliore qualità del vendemmiato e non a massimizzare la produzione.

L'azoto è uno dei tre macroelementi insieme al fosforo e al potassio. Sono definiti macroelementi perché la pianta ne richiede grandi quantità e spesso il terreno non ne fornisce a sufficienza per soddisfare il fabbisogno della pianta. I macroelementi secondari (S, Ca, Mg, Fe) e i microelementi (B, Mn, Mo, Zn, Cu) invece, sono utilizzati in minor quantità e sono sovente presenti nel suolo in quantità adeguata anche senza fertilizzazione. Essi ricoprono un ruolo fondamentale per la sintesi degli enzimi e dei tessuti (esempio (1): il Ca conferisce resistenza meccanica ai tessuti. Esempio (2): lo S costituisce aminoacidi, vitamine e proteine e di conseguenza gli enzimi). Secondo la Legge di Liebig (o del minimo), la produzione è limitata da un unico elemento che si trova in quantità non sufficienti per la nutrizione (anche se tutti gli altri fattori sono presenti in abbondanza).

L'azoto è un elemento importante per la crescita poiché costituisce la funzione ammidica degli aminoacidi e quindi delle proteine (peptidi) necessarie per la sintesi dei componenti cellulari (quali proteine di membrana, proteine per la trascrizione o per la sintesi di enzimi, acidi nucleici, clorofilla ecc.). Risulta un elemento difficile da gestire, in quanto le sue forme cariche negativamente (in particolare nitrati e nitriti) non trattenute dallo stato colloidale (che presenta una prevalente carica negativa) possono subire processi lisciviativi, attraversando il profilo del terreno. In quanto non più assorbibili dalle piante poiché raggiungente le falde acquifere, possono causare problemi di concentrazione.

In termini generali, l'uso delle leguminose come colture di copertura fornisce azoto al terreno in forma organica (tramite residui vegetali) e inorganica (tramite azoto fissazione). Il processo di azoto fissazione implica la trasformazione di N_2 (l'azoto gassoso presente nell'atmosfera) in NH_4 (ammoniaca), che successivamente viene trasformata in nitrato tramite il processo di nitrificazione. Tramite questo processo l'azoto in forma nitrica potrà quindi

essere assorbito dalle piante. L'azoto fissazione (come anche la nitrificazione) avviene per l'azione di batteri presenti nel terreno (organismi non simbiotici), anche se il ruolo principale è svolto dai batteri simbiotici: la loro attività è infatti il decuplo di quella dei batteri non simbiotici. Si stima che un batterio non simbiotico può apportare circa 20-30 Kg/ha anno, un contributo di N molto più basso rispetto ai batteri simbiotici, che apportano circa 200-300 Kg/ha anno. Questa sostanziale differenza è dovuta al fatto che, a differenza dei non simbiotici, i batteri simbiotici ricevono energia dalla pianta (l'azoto fissazione ne richiede infatti notevoli quantità).

La simbiosi è molto più efficace nelle leguminose rispetto alle graminacee: le graminacee sono più avidi in azoto; quindi, fungono da spazzini di N del suolo, riducendo il contenuto di N totale in misura decisamente maggiore rispetto ad altre specie.

In vigneti adulti, l'inerbimento non influenza in modo rilevante la disponibilità di K e P (se confrontate alle pratiche di lavorazione del terreno). Tuttavia, si può osservare un'influenza negativa nell'assorbimento di P e K in alcuni vigneti inerbiti, verosimilmente dovuta ad una diversa distribuzione dell'apparato radicale della vite, che, in assenza di strati di suolo impermeabili, tende a distribuirsi al di sotto dello strato interessato dall'apparato radicale della copertura erbacea, andando così ad esplorare zone di terreno poste in profondità e meno fertili.

Nei vigneti declivi le perdite di K e P sono però nettamente maggiori (70-95%) nei vigneti non inerbiti a causa dello scorrimento a valle dei sedimenti superficiali (più fertili) dovuto a fenomeni di erosione idrica superficiale.

Nei primi anni d'impianto di un vigneto, l'inerbimento può promuovere la crescita della vite all'inizio della stagione vegetativa probabilmente grazie alla presenza di sostanza organica ceduta nella rizosfera dalla coltura di copertura. Tuttavia, alla fine del ciclo annuale l'effetto dell'inerbimento sulla crescita delle giovani viti non è positivo per effetto della competizione per i nutrienti e per l'acqua che la copertura erbacea esercita nei confronti dell'apparato radicale della vite ancora debole e poco sviluppato.

1.2 Sostanza organica

Oltre alla componente minerale del suolo anche la sostanza organica (SOC) è influenzata dall'inerbimento. Questa rappresenta una frazione molto piccola del terreno, da cui però dipende in larga misura la fertilità e la struttura del suolo (che deriva dai residui vegetali e animali morti, che subiscono a loro volta un processo di decomposizione, caratterizzando la catena alimentare detritivora).

Dalla decomposizione di vegetali e animali vengono liberati: H_2O , CO_2 e sostanze inorganiche. La sostanza organica presente subisce un processo catabolico ad opera della fauna e della flora terricola, che si alimentano di questa componente rilasciandola poi nella forma di sostanza inorganica, che sarà quindi disponibile per essere assorbita dalla pianta. Questo processo prende il nome di mineralizzazione. Non tutta la sostanza organica subisce il processo di mineralizzazione; le parti più resistenti al processo di degradazione quali la lignina e la cellulosa, infatti, subiscono il processo di degradazione più lungo e incompleto, comportando la formazione di molecole umiche, che nel complesso costituiscono l'Humus: colloidale molecolare e composto ad alto peso molecolare caratterizzato da una notevole resistenza ad una ulteriore e definitiva mineralizzazione.

La sostanza organica svolge funzioni importanti grazie alla propria azione sulle proprietà chimico-fisiche e biologiche. L'influenza sulle proprietà fisiche è applicata tramite i prodotti intermedi della sua decomposizione, i quali, formano colloidali organici con la funzione di aggregazione strutturale. La stabilità della struttura migliora le condizioni di lavorabilità del terreno. I residui vegetali rilasciati in superficie proteggono il terreno dall'erosione idrica ed eolica e comportano un aumento della ritenzione idrica a causa della capacità della SOC di imbibirsi di acqua. L'azione sulle proprietà chimiche si realizza con la mineralizzazione e quindi con la cessione degli elementi nutritivi disponibili alla pianta e con la limitazione delle variazioni del pH grazie al forte potere tampone. La sostanza organica umificata, oltre a giocare un ruolo vertice nella stabilità degli aggregati, è in grado di trattenere gli elementi nutritivi nel terreno (colloide elettronegativo capace di assorbire gli ioni positivi), riducendo il pericolo di dilavamento. L'azione sulle proprietà biologiche, essendo essa fonte di energia per tutte le forme di vita terricole, influisce in maniera positiva sulla fertilità del terreno.

Dalle analisi svolte, risulta che l'inerbimento aumenta la SOC, e che il suo incremento è variabile a seconda del tipo di coltura, dalla densità e dal periodo di permanenza durante l'anno. I migliori risultati sono ottenuti con inerbimento spontaneo (costituito principalmente da graminacee). Nei vigneti lavorati si assiste infatti ad una riduzione della SOC, causata dalla forte mineralizzazione in quanto favorita dall'ossigenazione degli strati superficiali del suolo. Tuttavia, sono necessari anni per aumentare (anche se di poco), la percentuale di SOC nel terreno.

1.3 Struttura del suolo

Conseguentemente all'aumento della sostanza organica si ottiene anche il miglioramento della stabilità degli aggregati del suolo. In un terreno lavorato si assiste a una riduzione della sostanza organica e quindi anche della stabilità degli aggregati.

La struttura rientra nelle proprietà fisiche principali del terreno insieme alla tessitura e alla porosità. Tra le proprietà fisiche secondarie troviamo invece: la coesione (la resistenza del terreno alla penetrazione e l'avanzamento degli organi lavoranti); la plasticità (la proprietà di rimanere perennemente deforme a seguito di una sollecitazione esterna); l'adesività (la tendenza ad aderire agli attrezzi lavoranti), alla quale consegue l'aumento della richiesta energetica per l'esecuzione delle lavorazioni; la crepacciabilità (la proprietà del terreno di crepacciarsi in fase di disseccamento), la quale conferisce a sua volta l'aumento della porosità; la giacitura; l'erosione e l'esposizione.

In un terreno a struttura, dove le particelle sono relativamente indipendenti l'una dall'altra, si riscontra una mancanza di porosità in quanto le particelle, date le diverse dimensioni, si distribuiscono in modo da occupare lo spazio.

È considerata "struttura" la disposizione spaziale delle particelle elementari del terreno, legate tra loro mediante sostanze collodiali (per particelle vengono intese le particelle solide-minerali del terreno). Tale disposizione influenza (insieme alla tessitura) un'altra proprietà fisica del terreno: la porosità, ovvero il volume degli spazi vuoti in rapporto al volume totale. Gli spazi possono essere classificati come micro e macro-porosità. La porosità gioca un ruolo importante nella ritenzione idrica, nell'areeggiamento del terreno e nella vita della flora e della fauna terricola.

I micropori (<0,01mm) trattengono l'acqua per effetto di varie forze e in particolare per capillarità, che vincendo sulla forza di gravità, riduce la velocità di infiltrazione dell'acqua per gravitazione.

I macropori (>0,01mm) invece, non trattengono l'acqua, ma conferiscono permeabilità al suolo e determinano l'aerazione del profilo, permettendo quindi la vita ai microrganismi e alle radici, impedendone stati ipossidici (asfittici) negativi per il loro sviluppo.

La struttura richiede la presenza di particelle caratterizzate dalla tendenza all'aggregazione, che grazie alla presenza dei collodi (come argille, humus e perossidi) permettono la formazione di aggregati strutturali passando dallo stato di sol allo stato di gel (flocculazione).

L'aggregazione è molto più facile quanto più la tessitura è limosa e argillosa. Un terreno argilloso o limoso a struttura, infatti, è incompatibile con la vita poiché causa asfissia per effetto della completa assenza di macro-porosità. Un terreno sabbioso invece, anche se privo

di struttura (ad eccezione che non sia particolarmente ricco di sostanza organica), è caratterizzato da una distribuzione delle particelle che comporta a sua volta un'elevata macroporosità. Grazie a questa caratteristica, i terreni sabbiosi sono ben areati, facili da lavorare e permettono una facile esplorazione radicale. L'assenza di microporosità però, implica una mancata ritenzione idrica, l'ossidazione della SO rapida e la lisciviazione dei nutrienti.

L'effetto dell'inerbimento sulla struttura del suolo è comprensibile osservando la sostanza organica e l'effetto dell'esplorazione radicale. La sostanza organica è direttamente implicata nella struttura del terreno in quanto svolge sia una funzione diretta (la formazione dell'Humus, che è fondamentale per l'aggregazione delle particelle); che un effetto indiretto, permesso dall'azione degli organismi presenti nel terreno, che, spostandosi, lo disgregano e danno vita alla porosità, ristabilendo un eventuale suolo destrutturato. Esplorando porzioni nuove di terreno anche le radici della vegetazione, contribuiscono alla sua strutturazione e stabilizzazione.

Tale miglioramento non è immediato e richiede un periodo relativamente lungo, dall'accumulo di SOC nel terreno, infatti, si osservano cambiamenti nella stabilità degli aggregati solo a partire dal terzo anno di impiego di colture erbacee di copertura.

Un terreno lavorato invece, in assenza degli effetti benefici di una *cover crop* porta a un'ulteriore destrutturazione per diverse ragioni. Innanzitutto, il calpestio del terreno causato dal passaggio delle macchine compresse gli strati profondi che spesso non sono raggiunti dagli attrezzi agricoli. Inoltre, l'azione battente della pioggia, in assenza di copertura vegetale, può dare vita a uno strato impermeabile detto "crosta superficiale" che ostacola l'emergenza delle plantule, l'infiltrazione dell'acqua e l'aerazione del terreno. Questo strato si forma a causa della rottura degli aggregati per inumidimenti forti e improvvisi. Inoltre, la manipolazione violenta del terreno non in tempera può portare alla formazione di suole di lavorazione, mentre lavorazioni frequenti portano a un'ossidazione spinta della SOC (causata dall'eccessiva ossigenazione).

1.4 Erosione del suolo

L'erosione del suolo è un fenomeno di asportazione di materiale terroso, causata dall'azione battente della pioggia e dal ruscellamento. L'azione battente dell'acqua o "effetto splash" è causata dall'azione diretta dell'acqua, che cadendo perpendicolarmente al terreno provoca l'allentamento dei cementi, quindi la demolizione degli aggregati strutturali. La demolizione della struttura riduce la capacità di infiltrazione, cioè la capacità del terreno di farsi attraversare dall'acqua presente in superficie. L'acqua che cade sulla superficie di terreni

declivi scorre verso il basso trascinando con sé materiale terroso. Le particelle terrose in sospensione vengono trasportate verso valle provocando perdite di fertilità delle aree a monte. Nei casi più gravi lo scorrimento superficiale dell'acqua, seguendo vie preferenziali forma i calanchi, cioè profondi solchi che rendono il terreno inadatto all'agricoltura

I fenomeni erosivi dipendono da vari fattori quali le condizioni climatiche, la topografia e la pedologia del terreno e la vegetazione.

I fattori climatici possono incidere con le precipitazioni, l'effetto della pioggia gioca un ruolo cruciale. L'incidenza dei fenomeni erosivi dipende dalla quantità, durata, intensità e distribuzione stagionale delle precipitazioni. Maggiore sono queste variabili maggiore è il fenomeno erosivo. I fattori topografici come la pendenza, la lunghezza della pendice e la scabrezza condizionano la velocità di scorrimento e quindi la capacità di trasporto e distacco delle particelle di suolo. I fattori pedologici del suolo, cioè la struttura e la tessitura influenzano la capacità di infiltrazione (Tabella 1-1).

Il fattore vegetazione può mitigare i danni causati dall'erosione, la copertura vegetale infatti, riducendo l'energia cinetica della goccia "effetto splash", protegge le particelle di suolo dall'azione battente della pioggia. La vegetazione, inoltre, riduce la velocità di scorrimento della massa d'acqua, quindi la capacità di trasporto e distacco del materiale terroso. L'inerbimento contribuisce alla strutturazione del terreno, con un conseguente aumento dell'infiltrazione dell'acqua e reintegrazione delle riserve idriche del suolo.

In media, confrontando le diverse pratiche di gestione del suolo, le maggiori perdite di terreno si verificano in suoli trattati con diserbante (12Mg/ha anno) e lavorati (11,4 Mg/ha anno). Nei terreni gestiti con cover crops invece, si assiste a una riduzione del fenomeno erosivo (1,1 Mg/ha anno). La presenza di un inerbimento permanente ha un effetto mitigativo maggiore rispetto alle colture annuali o falciate in primavera.

Tabella 1-1: Componenti del coefficiente di deflusso (da Bonciarelli, 1993)

Condizioni di deflusso	Copertura vegetale	Terreno	Topografia
<i>Scarse</i>	Prati e pascoli 0,08	Sabbioso 0,08	Pianura 0,04
<i>Moderate</i>	Buona copertura 0,16	Franco sabbioso 0,12	Leggermente declive 0,06
<i>Medie</i>	Da buona a scarsa 0,16	Franco 0,16	Declive 0,08
<i>Buone</i>	Da scarsa a rada 0,22	Argilloso 0,22	Assai declive 0,11
<i>Elevate</i>	Copertura scarsa o suolo nudo 0,30	Roccia 0,30	Molto declive 0,15

La maggior parte degli studi che hanno valutato l'impatto dell'inerbimento sul fenomeno erosivo nei climi Mediterranei mostrano che le colture di copertura possono svolgere un ruolo cruciale nella protezione del suolo durante la stagione estiva, quando si verificano forti temporali (Bagaglio et al., 2018; Biddoccu et al., 2015; Vrsic et al., 2011) (Tabella 1-2).

Tabella 1-2: Sommario dei coefficienti di ruscellamento e perdite di suolo per erosione. AP: precipitazioni annuali; P: pendenza; D: durata in anni dell'esperimento; C: coefficiente di ruscellamento; In: inerbimento; L: leguminose; G: graminacee.

N	Sito	AP (mm)	P (%)	D	Gestione del suolo	C (%)	Erosione (Mg/ha-anno)
1	Maribor, Slovenia	1045	34	8	Lavorazione alternata I. spontaneo		1,89 0,09
2	Piemonte, Italia	965	15	12	Lavorazione (25cm di profondità) Lavorazione (15cm di profondità) I. spontaneo	17,4 15,3 10,3	10,4 24,8 2,3
3	Piemonte, Italia	905	15	14	Lavorazione (25cm di profondità) Graminacea perenne	27,1 9,6	12,3 2,2
4	Sicilia, Italia	589	15,9	10	Lavorazione (15cm di profondità) In. annuale L (<i>Vicia faba</i>) In. annuale L (<i>V.faba e V.sativa</i>) In. permanente LG (<i>T. subterraneum, F.ruba, L.perenne</i>) In. permanente LG (<i>T.subterraneum, F.ruba, F.ovina</i>) In. annuale G <i>Triticum durum</i> In. annuale GL <i>T.durum e V.sativa</i>		8 4,8 2 2,7 1,9 3,5 2,4
5	Piemonte, Italia	849	15	14	Lavorazione (25cm di profondità) Lavorazione (15cm di profondità) I. spontaneo	18,0 16,0 10,0	7 20,7 1,8

Riferimenti bibliografici: 1: Vrsic et al. (2011); 2: Biddoccu et al. (2015); 3: Bagaglio et al. (2018); 4: Novara et al. (2011); 5: Biddoccu et al. (2016)

Le maggiori perdite per erosione sono state registrate nel periodo autunno-invernale, durante il quale l'entità delle precipitazioni cumulate si presenta elevata anche se non di forte intensità. In Sicilia, Novara et al. (2013) hanno osservato che le piogge autunno-invernali si traducono in fenomeni erosivi e ruscellamento superficiale di notevole intensità. In Piemonte, a Carpeneto, Biddoccu et al. (2016) hanno osservato che le precipitazioni autunno-invernali hanno causato scorrimenti superficiali di notevole entità, mentre le massime quantità di precipitazioni sono state registrate nei mesi invernali. Nel periodo autunno-invernale, le

perdite di suolo causate dai fenomeni erosivi sono dovute all'effetto combinato dell'entità delle precipitazioni, della ridotta densità della copertura erbacea e talora, dalla presenza di zone dell'interfilare con suolo compattato. Durante il periodo autunno-invernale la bassa densità dell'inerbimento non riesce a tamponare l'effetto delle precipitazioni abbondanti e la compattazione del terreno dovuta al passaggio delle macchine e a una non corretta gestione dell'interfilare riduce la capacità del suolo di far percolare l'acqua lungo il profilo.

In Italia, piogge di forte intensità (>16mm/h) e appezzamenti declivi (pendenze dal 15 al 35%) hanno portato a perdite di suolo molto più elevate nei vigneti disposti a ritocchino, cioè, seguendo le linee di massima pendenza rispetto a quelli impiantati seguendo le curve di livello (Bagagiolo et al. 2018).

1.5 Biodiversità del suolo e del sistema vigneto

La biodiversità del suolo rappresenta la complessa interazione tra le diverse forme di vita presenti sotto la superficie del terreno. Nel suolo risiede più di un quarto della biodiversità del nostro pianeta e in esso è rappresentato il 95% della diversità biologica globale. I benefici che la biodiversità del suolo offre all'agricoltura e alla sicurezza alimentare sono diversi. Ad esempio, i microrganismi del suolo svolgono un ruolo importante nella trasformazione dei composti organici e inorganici, rilasciando sostanze che le piante possono usare come fonte di nutrimento. Inoltre, i microrganismi contribuiscono al sequestro del carbonio, riducendo le emissioni di gas serra.

La biodiversità del suolo è inoltre cruciale per il controllo, la prevenzione, o l'eliminazione di parassiti e organismi patogeni. Tuttavia, le attività umane come l'eccessivo consumo del suolo, l'urbanizzazione, la deforestazione, l'agricoltura intensiva, l'uso di prodotti chimici e l'inquinamento minacciano questa preziosa biodiversità. Anche i cambiamenti climatici e alcune calamità naturali hanno un impatto negativo sulla biodiversità del suolo.

La biodiversità della flora e della fauna del suolo è influenzata positivamente dalle pratiche di inerbimento. Studi hanno dimostrato che l'aggiunta di colture di copertura aumenta la biomassa e l'attività microbica negli strati superficiali di suolo (0-5cm), che sono caratterizzati da una maggiore fertilità (SOC) e aerazione. Inoltre, la pratica di sovescio e sfalcio del cotico favorisce l'attività microbica nel lungo termine.

La distanza delle viti sulla fila influisce anche sul microbiota del suolo. Distanze più strette (70 cm vs 120 cm) sulla fila hanno mostrato una maggiore attività microbica, indipendentemente dalla specie vegetale utilizzata. Inoltre, le pratiche di inerbimento

favoriscono l'aumento significativo della popolazione di lombrichi, mentre l'uso di erbicidi ha un effetto negativo su di essa.

Allo stesso modo, l'inerbimento ha un impatto sulla diversità delle specie che popolano il vigneto, favorendo la presenza di insetti impollinatori, insetti predatori, uccelli e piccoli mammiferi. Ciò contribuisce anche ad aumentare la presenza di specie antagoniste dei parassiti in viticoltura, come *Himenoptera*, *Anthocoridae*, Aracnidi, Acari e *Aeolotripidae*. Nell'ordine degli *Himenoptera* rientrano insetti alati o atteri di varie dimensioni, alcuni dei quali sono particolarmente utili come ausiliari nella lotta biologica, comportandosi come Imenotteri parassitoidi. La lotta biologica si basa sulla conservazione e sull'utilizzo degli antagonisti naturali presenti nell'ambiente al fine di controllare i parassiti e mantenerli al di sotto della soglia di danno. L'inerbimento permette la moltiplicazione, l'alimentazione o il rifugio di insetti utili, soprattutto quando non viene effettuato un taglio troppo frequente. Molte piante erbacee spontanee infestate da afidi e altri fitomizi innocui agiscono come substrato di moltiplicazione per insetti utili che successivamente agiscono in modo benefico contro i fitofagi dannosi. Gli adulti di parassitoidi o predatori, come ad esempio adulti di Coccinellidi, sono fortemente attirati dalle infiorescenze, in particolare quelle di carota selvatica, sulle quali si nutrono di polline e nettare quando le prede scarseggiano. Alcune piante, per le loro particolari strutture vegetative o floreali, possono fungere da veri e propri siti di svernamento o da rifugi temporanei per svariate specie di insetti utili.

Alcune famiglie di *Himenoptera* sono di fondamentale importanza perché pronubi, svolgendo un ruolo ecologico essenziale per la riproduzione delle piante a impollinazione entomofila. Il loro regime alimentare è basato per lo più sul polline come fonte proteica, e su liquidi zuccherini, nettare e secondariamente melata come fonte energetica.

Uno studio condotto in California ha dimostrato l'effetto positivo sulla popolazione di api in un vigneto inerbito con specie floreali che fioriscono in estate, rispetto a un vigneto con interfilare lavorato o inerbimento spontaneo (Wilson et al. 2018).

Gli *Anthocoridae*, appartenenti all'ordine dei Rincoti, sono una famiglia di piccoli insetti predatori polifagi che sono di grande interesse come organismi ausiliari, in quanto predatori di artropodi dannosi per le piante. Grazie al loro apparato boccale pungente-succhiante, questi predatori possono nutrirsi svuotando il contenuto della loro preda dopo averla paralizzata con la loro saliva. L'attitudine degli *Anthocoridae* li rende particolarmente utili nei frutteti e vigneti che adottano tecniche di difesa fitosanitaria a basso impatto ambientale.

Gli Acari sono una sottoclasse degli aracnidi che include circa 50000 specie. Questi organismi si adattano a diversi habitat e si nutrono di varie sostanze organiche. Alcuni di loro sono dannosi per le colture, mentre altri svolgono un ruolo importante come predatori nella lotta biologica. Gli acari predatori appartengono a diverse famiglie, anche se le specie più importanti appartengono a quella dei fitoseidi. Questi attivi predatori si distinguono dagli acari dannosi per le loro zampe più lunghe che consentono di muoversi più velocemente. Nei vigneti, l'inserimento di molte specie vegetali può essere molto efficace nel controllo dei ragnetti fitofagi grazie all'azione positiva sui fitoseidi, in particolare *K. aberrans* e *T. pyri*. Il regime alimentare dei fitoseidi è vario, il che è un vantaggio pratico poiché permette a questi predatori di sopravvivere anche con una bassa densità di prede.

I fitoseidi si riscontrano soprattutto sulla pagina inferiore delle foglie, dove spesso depositano le uova in prossimità delle nervature principali. Svernano come femmine fecondate, nelle screpolature della corteccia e in altre anfrattuosità della pianta. Solitamente compiono il ciclo in un tempo più breve dei loro nemici, caratteristica sicuramente positiva ai fini della lotta biologica. Grazie ad alcune caratteristiche positive come la persistenza a bassa densità della preda, la sopravvivenza su alimenti alternativi come il polline, la competitività verso altri predatori e i tempi di sviluppo inferiori alle loro prede, i fitoseidi sono uno dei principali limitatori naturali di Acari dannosi su molte colture.

Gli *Aeolotripidae* sono una famiglia di Tripidi, metà dei quali vive principalmente sui fiori, mentre alcune specie vivono a livello del suolo. Questi insetti predatori sono utili poiché si nutrono di acari e altri artropodi e larve.

L'uso di insetticidi selettivi è molto importante per valorizzare la presenza e l'attività di questi predatori utili. Molto spesso, infatti, le improvvise pullulazioni di insetti dannosi sono causate in molti casi dalla riduzione degli insetti utili a seguito del trattamento con prodotti ad ampio spettro.

1.6 Emissioni di gas

I gas serra sono gas presenti nell'atmosfera terrestre responsabili dell'effetto serra, ovvero l'effetto che provoca il surriscaldamento dell'atmosfera terrestre. L'effetto serra è di vitale importanza per la vita sulla Terra; infatti, sono proprio i gas serra di origine naturale presenti nell'atmosfera, nella corretta proporzione e pressione, a trattenere la giusta quantità di calore (energia) tale da rendere il nostro pianeta né troppo freddo né troppo caldo. La loro mancanza, infatti, impedirebbe la vita sulla terra perché si avrebbero temperature troppo basse (-20°C), sebbene un'elevata concentrazione determini però il surriscaldamento del pianeta Terra.

I gas serra più comuni sono: il vapore acqueo, l'anidride carbonica, il protossido di azoto, il metano e l'esafluoruro di zolfo. Oltre a questi gas, che possono avere origine sia naturale che antropica, esistono gas serra che hanno origine esclusivamente antropica come gli alocarburi, tra i quali ricordiamo i clorofluorocarburi (CFC) e tutte le molecole che contengono atomi di cloro e fluoro. I gas serra ritenuti più dannosi sono l'anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O), il metano (CH₄), l'esafluoruro di zolfo (SF₆), gli idrofluorocarburi e perfluorocarburi. Come la maggior parte dei settori economici, l'agricoltura contribuisce alle emissioni di gas serra (GHG). Tuttavia, anche l'agricoltura può comportarsi come serbatoio di gas serra, sequestrando l'anidride carbonica dall'atmosfera con il processo di fotosintesi clorofilliana. L'uso delle *cover crop* può contribuire a mitigare le emissioni di CO₂, aumentando la sostanza organica presente nel terreno.

In uno studio comparativo sono stati descritti gli effetti di tre diversi metodi di gestione del vigneto sulle emissioni di CO₂ il primo metodo riguardava una gestione con lavorazione del suolo annuale, il secondo metodo invece con una lavorazione ogni due anni, e infine un trattamento di non lavorazione del terreno. Dai risultati è stato osservato che le emissioni di CO₂ sono inferiori in modalità di non lavorazione del terreno, dimostrando che la gestione della coltura di copertura ha una maggiore influenza rispetto alla coltura di copertura stessa (Steenwerth et al., 2010; Bogunovic et al. 2017).

Per quanto riguarda il protossido di azoto, alte emissioni sono state registrate con un inerbimento di leguminose, in particolare quando esso veniva sfalciato e lasciato sulla superficie del terreno. Tuttavia, l'aumento delle emissioni di protossido di azoto faccia riferimento all'azoto che era stato precedentemente sottratto dall'atmosfera con il processo di azoto fissazione (Garland et al., 2011).

La riduzione dei gas serra ad opera dell'inerbimento è variabile nel corso della stagione, e in alcuni casi, a causa di una maggiore attività biologica, possono causare aumenti di emissioni quando il terreno è umido. A prescindere da questo, la presenza di colture di copertura contribuisce attivamente al sequestro della CO₂ attraverso l'aumento del SOC.

Nella prima parte introduttiva, è stato affrontato il tema dell'influenza delle colture di copertura sulle caratteristiche del suolo, sulla biodiversità del vigneto e sulle problematiche ambientali legata ai gas serra. In genere, è possibile affermare che l'inerbimento ha un impatto positivo sulle proprietà chimiche e biologiche del suolo senza causare, in genere, una forte competizione per i nutrienti.

La competizione per le riserve del suolo si concentra principalmente sull'azoto, quando l'inerbimento è costituito principalmente da graminacee. Al contrario, se l'inerbimento è composto in prevalenza da leguminose, ciò comporta un aumento dell'azoto presente nel suolo, sebbene questo non sia prontamente disponibile per le piante.

L'inerbimento, inoltre, influisce positivamente sulla stabilità del suolo, sulla biodiversità animale e vegetale, sulla riduzione del fenomeno erosivo, soprattutto quando si ha la prevalenza di graminacee rispetto alle leguminose.

Capitolo 2

Gli effetti dell'inerbimento sul vigneto

La vite e le colture di copertura condividono lo stesso spazio e spesso entrano in competizione per le sostanze nutritive e l'acqua durante determinati momenti della stagione. Le colture di copertura hanno un impatto diretto sulle prestazioni del vigneto e sull'agroecosistema in cui si sviluppa. Il contenimento del vigore vegetativo è una delle conseguenze frequenti delle pratiche di inerbimento e questo rappresenta un fattore importante per ridurre l'incidenza delle malattie fungine in microclimi umidi.

In generale, le colture di copertura non hanno un effetto univoco sulla resa del vigneto e sulle componenti dell'uva, come la concentrazione di solidi solubili totali (TSS) e l'acidità titolabile (TA). Talvolta, le colture di copertura possono provocare stress idrico nel vigneto, in modo particolare in areali con estati calde e secche.

Le informazioni disponibili sulle colture di copertura e i loro effetti agronomici sulle prestazioni del vigneto possono essere sfruttate al fine di selezionare la copertura più adatta, tenendo conto degli obiettivi specifici del vigneto e delle condizioni ambientali in cui si opera. È importante considerare diversi fattori, come il rischio di gelate primaverili, l'eventuale necessità di migliorare il terreno una volta terminato il vigneto e il rischio di competizione eccessiva con viti giovani. È importante quindi scegliere la coltura di copertura che meglio si adatta alle condizioni del vigneto.

2.1 Sviluppo vegetativo

La diffusione dell'inerbimento in diverse aree viticole italiane e di altri Paesi europei ed extraeuropei ha messo in evidenza una serie di effetti diretti ed indiretti sulla vite ed in particolare il contenimento del vigore vegetativo. Uno sviluppo vegetativo ottimale è fondamentale per assicurare il corretto sviluppo della vite e una produzione stabile, sia in termini qualitativi che quantitativi.

Il corretto sviluppo della chioma e il controllo del vigore vegetativo rappresentano elementi cruciali nella gestione del vigneto, permettendo di ottenere uve di qualità, stabilità di produzione e mantenere la vitalità delle piante nel tempo. È importante sottolineare che un

equilibrio vegeto-riproduttivo è essenziale non solo per garantire una produzione qualitativamente e quantitativamente elevata, ma anche per preservare la salute della pianta nel lungo termine. È essenziale che la chioma, ovvero l'insieme delle foglie e dei tralci della vite, si sviluppi adeguatamente per assicurare un apparato aereo che garantisca la produzione dei carboidrati. Una chioma insufficiente, a causa di una scarsa crescita o di attacchi di agenti fungini che ne riducono la capacità fotosintetica, può portare a problemi di equilibrio vegeto-riproduttivo. La mancanza di fotosintetati porta a una scarsa disponibilità di risorse che si riflette in una crescita stentata dell'infiorescenza, con bassi tassi di allegagione e sviluppo degli acini. Il grappolo risulterà di conseguenza, costituito da acini di dimensioni diverse, alcuni di essi molto piccoli, chiamati acinelli. Inoltre, la maturazione non avviene in maniera corretta, con conseguenti livelli qualitativi bassi.

D'altra parte, una vegetazione eccessivamente fitta può ostacolare la penetrazione della luce solare all'interno della chioma, compromettendo la fotosintesi e la corretta maturazione dell'uva. Una crescita eccessiva della chioma può essere dannosa poiché può causare una ridotta allegagione, a causa della competizione per i prodotti della fotosintesi che va ad instaurarsi tra il germoglio in crescita (apici e giovani foglie) e l'infiorescenza/infruttescenza. Un'eccessiva densità fogliare favorisce, in particolari condizioni climatiche, un aumento dell'umidità relativa a livello della chioma, creando un microclima favorevole all'insorgenza di malattie fungine. L'eccessiva competizione grappoli-germoglio per i prodotti della fotosintesi ha un impatto negativo sulla qualità del raccolto, provocando una maturazione rallentata e una composizione chimica dell'acino inadeguata.

2.2 Stato idrico della vite

La concorrenza per l'acqua nel suolo è un fattore importante da considerare quando si decide di installare un inerbimento in aree caratterizzate da deficit idrico estivo. Le colture di copertura possono causare un aumento del deficit idrico, specialmente durante la fase di maturazione dell'acino, che è una fase delicata dello sviluppo dei grappoli, influenzata dalle condizioni climatiche limitanti. Tuttavia, le colture di copertura possono avere un effetto positivo sullo stato idrico del suolo, aumentando l'infiltrazione dell'acqua e riducendo l'evaporazione rispetto al suolo nudo. Il colore scuro del suolo e la capillarità in un terreno nudo incrementano la perdita di acqua per evaporazione. Il colore, infatti, influenza il riscaldamento del suolo, e in questo caso, un suolo privo di copertura vegetale si presenta scuro a causa del colore delle particelle che lo compongono, il quale ha le proprietà di assorbire radiazioni ad ampio spettro. La risalita capillare dell'acqua nel suolo invece, dipende dalla

presenza nel suolo di piccoli canali simili a capillari che vengono a formarsi tra le microporosità. Questi canali permettono all'acqua, grazie alle sue proprietà fisico-chimiche di risalire per effetto delle forze di adesione, coesione e tensione superficiale, causando perdite per evaporazione.

Questi due fattori però, non riescono a compensare la traspirazione, una pratica per ridurre le perdite è il continuo sfalcio del cotico erboso. Dobbiamo tenere presente, inoltre, che le colture di copertura, con il loro apparato radicale occupano gli strati superficiali di terreno. L'apparato radicale della vite è spinto a esplorare porzioni di suolo libere, raggiungendo orizzonti più profondi dove ci sono maggiori disponibilità idriche. La competizione idrico-minerale dell'erba non è sempre un male o, perlomeno, non lo è in tutta la stagione. In genere, fino a primavera avanzata la presenza di una copertura erbacea non solo non è dannosa, ma addirittura è utile nel frenare l'eccessiva crescita vegetativa della vite.

Durante il periodo estivo, a seconda della piovosità locale e della natura dei suoli, la convivenza diventa più difficile e richiede soluzioni adeguate, come lo sfalcio o la rullatura.

Le diverse soluzioni di consociazione variano per tipologia delle essenze, per epoca e per durata della copertura. Negli ambienti settentrionali, con una disponibilità idrica annuale superiore ai 550-700 mm annui e con una distribuzione regolare degli eventi piovosi, l'inerbimento può essere una soluzione facile da percorrere. Attualmente, in questi areali la strategia più utilizzata è la semina del cotico erboso nell'interfilare del vigneto, combinata al controllo meccanico o chimico, al fine di limitare al massimo gli inconvenienti (importanti anche in questi ecosistemi) derivanti dalle competizioni, idrica e nutrizionale. La gestione del cotico erboso non prevede operazioni durante il periodo invernale, ma di solito si interviene in prossimità del germogliamento con una trinciatura per frantumare i tralci recisi con la potatura e per limitare lo sviluppo in altezza del prato. Successivamente, a seconda dell'andamento stagionale e della composizione floristica del cotico erboso, saranno eseguiti altri sfalci per ridurre la competizione idrica e minerale.

Negli ambienti meridionali, l'unico fattore realmente limitante all'adozione dell'inerbimento è la disponibilità di acqua, o più precisamente la distribuzione degli eventi meteorici nei mesi primaverili-estivi. In questi areali, la tendenza è quella di lavorare l'interfilare, nonostante i suoi effetti negativi.

2.3 Incidenza dei parassiti e delle malattie

L'introduzione di una copertura vegetale nel vigneto può favorire l'aumento della biodiversità della flora, il che a sua volta può aumentare la diversità degli insetti presenti e,

indirettamente migliorare l'equilibrio tra insetti e vigneto. È importante sottolineare che, in generale, l'introduzione di colture di copertura non comporta un aumento delle popolazioni di parassiti nel vigneto. Al contrario, in circa il 95% dei casi considerati, si osserva una stabilità o una diminuzione delle popolazioni di parassiti. Le colture di copertura possono anche favorire la presenza di organismi antagonisti naturali dei patogeni, come insetti predatori e batteri benefici. Questi organismi possono contribuire a controllare la diffusione delle malattie e parassiti all'interno del vigneto.

L'inerbimento artificiale, inoltre, può influenzare la competizione tra le piante seminate e le erbe infestanti. Una buona copertura del suolo può ridurre la presenza delle erbe infestanti, che possono fungere da serbatoio per i patogeni. Questo può comportare una riduzione dell'uso di pesticidi e un miglioramento della salute generale del vigneto. L'influenza delle colture di copertura sulle malattie della vite è stata principalmente studiata per migliorare la resistenza della vite alle malattie. Diversi studi hanno dimostrato che l'utilizzo di colture di copertura può ridurre l'incidenza di malattie come Oidio, Peronospora, Botrytis, Piede nero e Marciume nero. Questo perché l'inerbimento aiuta spesso la creazione di un ambiente meno favorevole alla crescita dei patogeni per effetto delle sue ripercussioni sulla densità delle chiome di vite e, di conseguenza, sul loro microclima.

Tuttavia, è importante sottolineare che l'efficacia delle colture di copertura nel controllo delle malattie può variare a seconda delle condizioni ambientali e del tipo di malattia. Ad esempio, in aree con elevate condizioni di umidità, le colture di copertura potrebbero favorire lo sviluppo di malattie fungine. Pertanto, è essenziale scegliere attentamente le specie di piante da utilizzare come copertura e adottare pratiche di gestione adeguate a massimizzare i benefici.

L'Oidio è malattia fungina causata da molte specie di funghi ascomiceti, tra cui *Erysiphe necator* nella vite. La malattia si manifesta con la comparsa di macchie bianche polverose sulle foglie e sugli steli. Con l'avanzamento dell'infezione, le macchie diventano sempre più grandi e dense a causa della formazione di un gran numero di spore asessuate. L'odio si sviluppa bene in ambienti umidi e temperature moderate e si diffonde principalmente attraverso il vento, che agisce come vettore di diffusione.

La Botrytis cinerea è un fungo ascomicete che aggredisce principalmente i grappoli dell'uva, ma anche i peduncoli, le infiorescenze e i germogli. È nota anche come marciume grigio o muffa grigia, apportando gravi danni alla qualità del raccolto, mentre in condizioni particolari il suo sviluppo controllato è sfruttato per produrre vini speciali, detti bottrizzati. La muffa nobile si verifica quando, in condizioni climatiche calde e secche, si alternano periodi di umidità a causa della rugiada mattutina e di piogge occasionali, che favoriscono la

diffusione limitata del fungo. Questa condizione stimola l'appassimento e la concentrazione del grado zuccherino dei grappoli, senza compromettere le loro caratteristiche chimiche. L'attacco della muffa grigia si verifica durante la maturazione, quando si accumulano gli zuccheri nell'acino e con un'umidità atmosferica costante ed elevata.

La Peronospora della vite, causata dal fungo oomicete *Plasmopara viticola*, si manifesta con necrosi fogliare, causando una filloptosi anticipata e il disseccamento dei grappoli, che assumono la tipica forma ad "S". Il ciclo vitale del fungo si compone di una prima infezione e di una seconda infezione. La prima infezione si verifica con temperature minime giornaliere superiori ai 10 °C, germogli lunghi almeno 10 cm o comunque con aperture stomatiche ben differenziate e pioggia di almeno 10 mm. Questo carattere può essere sfruttato per prevedere un possibile sviluppo della malattia seguendo la "Regola dei tre 10". La seconda infezione avviene alla fine del ciclo vitale, quando il patogeno non ha più nutrimento, durante le ore notturne caratterizzate da foglie bagnate o umidità relativa dell'aria >92% e temperatura dell'aria di almeno 13 °C. Durante questo periodo avviene la fuoriuscita dei conidiofori dalle aperture stomatiche della pagina inferiore. La diffusione delle zoospore e l'inizio dei cicli di infezione secondaria avvengono tramite il vento o la pioggia. Quando la spora arriva su una nuova foglia bagnata, germina e avvia una nuova infezione.

La malattia del Piede nero è causata dal fungo *Ilyonectria liriodendri* e si manifesta attraverso necrosi, striature e cancri bruni sul legno, e decolorazioni ed essiccamenti sulle foglie. Le ferite aumentando il rischio di infezione, in quanto favoriscono il rilascio delle spore fungine, che vengono disperse dal vento in presenza di acqua (essenziale per la germinazione).

Il Marciume nero della vite è una malattia fungina causata da un fungo ascomicete *Guignardia Bidwellii*, il quale attacca le viti durante il clima caldo e umido. Questa malattia può causare la perdita completa del raccolto in climi caldi e umidi, mentre è praticamente sconosciuta nelle regioni ad estati calde. La malattia colpisce tutte le parti verdi della vite e si manifesta attraverso piccole lesioni circolari di colore marroni sulle foglie. In pochi giorni, da queste lesioni si sviluppano dei piccoli corpi fruttiferi sferici neri, chiamati picnidi. Le lesioni possono interessare anche il picciolo, causando l'appassimento delle foglie colpite. Inoltre, i germogli possono subire lesioni che li rendono vulnerabili alle rotture provocate all'azione del vento. Nei casi più gravi, tali lesioni possono addirittura uccidere i giovani germogli. Tuttavia, l'effetto più dannoso si osserva sui frutti, con una notevole perdita del raccolto. Il ciclo della malattia inizia con le strutture di svernamento, come mummie o lesioni presenti sulla vite. Le piogge primaverili favoriscono il rilascio delle ascospore e conidi contenuti nelle strutture

di svernamento, che vengono diffuse attraverso il vento e gli schizzi di pioggia per infettare foglie, fiori e giovani frutti.

Dall'analisi di 6 lavori che riguardano la relazione tra insorgenza delle malattie e gestione del suolo del vigneto (Berlanas et al., 2018; Guilpart et al., 2017; Jacometti et al., 2007; Valdés-Gómez et al., 2011; Vogelweith and Thiéry, 2017; Vukicevich et al., 2018) e che sono stati condotti in diverse aree e su differenti colture di copertura (Tabella 2-1) emerge che in nessun caso le coperture vegetali hanno aumentato l'incidenza delle malattie, mentre sono state registrate alcune riduzioni.

Tabella 2-1: Localizzazione delle prove esaminate, varietà di vite impiegate e tipologie di gestione del suolo messe a confronto per lo studio delle relazioni tra gestione del suolo e malattie della vite. M = clima mite (media T 12-15 °C).

N	Sito	Clima	Varietà	Gestione del suolo
1	Gironda, Francia	M	Merlot	Lavorazione In. spontaneo
2	Navarra, Spagna	M	Malvasia/ Tempranillo	Lavorazione Residui di <i>Sinapis alba</i> in vivaio
3	Montpellier Francia	M	Aranel	DIS Diserbo con o senza irrigazione+concimazione <i>Inerbimento (F. arundinacea, L. perenne)</i>
4	Montpellier Francia	M	Shiraz	Lavorazione Leguminose 1 (<i>Medicago truncatula, M. rigidula, M. polymorpha</i>) <i>Graminacee (F. trachyphylla, Agropyron cristatum, F. rubra, L. perenne)</i> Leguminose 2 (<i>Lotus corniculatus, M. lupulina, Trifolium repens</i>)
5	British Columbia, Canada	Serra		Mix1 (specie autoctone): <i>Bouteloua dactyloides, F. idahoensis, Pseudoroegneria spicata, Boteloua gracilis</i> Mix2 (specie autoctone): <i>Nepeta racemosa, Origanum vulgare, Artemisia frigida, Achillea millefolium, Heterotheca villosa, Erigeron neveum, Erigeron filifolius</i>
6	Blenheim, Nuova Zelanda	M	Chardonnay	Diserbo <i>Phacelia tanacetifolia</i> <i>Lolium perenne</i>

Riferimenti bibliografici: 1: Vogelweith and Thiéry (2017); 2: Berlanas et al. (2018); 3: Valdés-Gómez et al. (2011); 4: Guilpart et al. (2017); 5: Vukicevich et al. (2018); 6: Jacometti et al. (2007)

Indagini condotte a Montpellier, in Francia, su Aranel hanno valutato l'incidenza dell'Oidio in due vigneti con copertura vegetale di graminacee (perenne vs annuale) a confronto con due appezzamenti di controllo trattati con erbicidi (fertilizzanti e irrigati vs non

fertilizzati e non irrigati). La più elevata incidenza dell'oidio è stata registrata nei vigneti diserbati fertilizzati e irrigati, seguiti da quelli diserbati non concimati, né irrigati. I vigneti inerbiti con graminacee hanno mostrato una più bassa incidenza della malattia, specialmente nel caso dell'inerbimento perenne nel secondo anno di applicazione. Le differenze tra i trattamenti sono state associate al più elevato vigore vegetativo dei vigneti diserbati, specie quando si irriga e si concima (Valdés-Gómez et al. 2011).

Uno studio condotto nel Sud della Francia su Shiraz ha dimostrato che una ridotta crescita vegetativa ha un effetto diretto sulla riduzione della suscettibilità della vite verso l'Oidio e la Botrite, ed è direttamente legata alla riduzione della crescita della pianta dovuta allo stress idrico (Guilpart et al. 2017).

Allo stesso modo, indagini condotte su Chardonnay in Nuova Zelanda hanno confermato che l'incidenza della botrite era più alta nei vigneti diserbati rispetto a quelli inerbiti con colture di coperture sfalciate o lavorate. Questo è dovuto all'aumento dell'umidità e dell'attività biologica del suolo nei vigneti inerbiti che accelera i processi di degradazione dei residui della vite, e quindi riduzione del primo inoculo di Botrite (Jacometti et al 2007).

Studi condotti sull'impatto della peronospora in vigneti non ha rilevato differenze tra inerbimento spontaneo e lavorazione (Vogelweith and Thiéry, 2017). Nello stesso, la presenza della coltura di copertura non influenzato l'incidenza del marciume nero.

Alcune colture di copertura sono in grado di controllare lo sviluppo fungino nel terreno, per esempio, i residui di biomassa di *Sinapis alba* incorporati nel suolo hanno mostrato un potenziale incremento del controllo del piede nero nelle piantine in vivaio (Berlanas et al., 2018).

In condizioni di serra in suoli con diversi tipi di inerbimento, abbiamo una riduzione di *Ilyonectria liriodendra*. Sembra che la presenza di colture di copertura alteri la comunità fungine associate alle radici, aumentando la quantità di micoparassiti fitoprotettivi, che potrebbero spiegare la riduzione dell'incidenza del piede nero (Vukicevich et al 2018).

2.4 Produzione

Un aspetto da considerare quando si decide di procedere con l'inerbimento del vigneto è l'impatto che questo avrà sulla produzione. In generale, sia che l'inerbimento sia spontaneo o artificiale, la copertura vegetale compete con la vite per le risorse del suolo e comporta una diminuzione della produzione. Tuttavia, esistono studi che dimostrano che questa ipotesi non è sempre vera e che, se necessario, può essere compensata con concimazione e irrigazione.

I risultati ottenuti confrontando inerbimenti artificiali e spontanei non sono univoci: in alcuni casi, le colture di copertura spontanee hanno portato a una resa maggiore rispetto all'inerbimento artificiale, mentre in altri casi risulta l'opposto (Mercenaro et al., 2014; Tomaz et al., 2017; Trigo-Córdoba et al., 2015; Pérez et al., 2018; Susaj et al., 2013). Inoltre, confrontando la produzione di un vigneto interamente inerbito con quello inerbito a file alterne, si osserva che il decremento maggiore si registra nei vigneti dove l'inerbimento interessa tutte le file (Reeve et al., 2016; Rodriguez-Lovelle et al., 2000a; Rodriguez-Lovelle et al., 2000b).

Altri studi hanno analizzato l'effetto della pacciamatura sulla produzione e in genere è stato riscontrato che quest'ultima porta a rese più elevate rispetto a un vigneto inerbito o privo di copertura vegetale (Fourie, 2011; Susaj et al., 2013; Varga et al., 2012; Wheeler et al., 2005). Tuttavia, è importante sottolineare che questo risultato non si verifica in tutti i casi studiati.

L'inerbimento può influenzare la produzione della vite in modo più o meno accentuato a seconda della combinazione di innesto e della tolleranza del portinnesto alla siccità. La scelta del portinnesto da impiegare nel vigneto è un aspetto fondamentale da considerare. Alcuni dei portinnesti che sono risultati tolleranti allo stress idrico sono l'1103 Paulsen, il 140 Ruggeri, l'110 Richter e il 779 Paulsen. Sono tutti ibridi ottenuti da *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*, caratterizzati da un apparato radicale profondo che conferisce vigoria al nesto e buona tolleranza agli stress idrici. Gli incroci con *V. rupestris* hanno permesso di superare il problema della bassa radicazione della talea di *V. berlandieri*, pur mantenendo la buona resistenza al calcare e alla fillossera di questa specie.

Per esempio, diversi studi hanno dimostrato che l'uso di SO4 nella maggior parte dei casi porta a una riduzione di produzione (Celette et al., 2005; Cruz et al., 2012; De Pascali et al., 2014; Delpuech and Metay, 2018; Palliotti et al., 2007; Toci et al., 2012). Al contrario, sono stati osservati aumenti di produzione nei vigneti con 110R e 99R (Fourie, 2011; Marques et al., 2018; Steenwerth et al., 2013; Steenwerth et al., 2016). Sulla base di questi risultati, possiamo presumere che l'utilizzo dei portinnesti sopra citati (Fercal, 110R, 140Ru, 99R and 779P) porti a un aumento della produzione. D'altra parte, i portinnesti con una tolleranza media (3309C, SO4, 41B) o bassa (101-14, 420A, Kober 5BB) alla siccità potrebbero non essere adatti per l'impiego in vigneti inerbiti, a meno che non si operi in climi con buoni dotazioni idriche.

2.5 Composizione degli acini

Guardando in modo più generale all'inerbimento, è possibile notare un potenziale impatto sulla composizione degli acini. Questa è strettamente legata alla vigoria, alla produzione e all'attività fotosintetica della chioma, tutti aspetti che vengono influenzati direttamente dalle pratiche di inerbimento. Inoltre, la presenza di un inerbimento può avere effetti sulla dimensione della bacca che possono esser associati a cambiamenti della composizione dell'acino.

Il contenimento del vigore vegetativo è di fondamentale importanza per evitare che la crescita prolungata del germoglio durante la formazione del grappolo possa influire negativamente sulle fasi di sviluppo dell'acino, competendo per i nutrienti e causando ritardi di maturazione, compromettendo la qualità. La condizione ideale si verifica quando la crescita del germoglio rallenta a ridosso dell'invaiaitura, quando iniziano i processi di maturazione come l'intenerimento del pericarpo e l'aumento della sua deformabilità (tramite enzimi idrolitici), l'accumulo dei solidi solubili (in particolare glucosio e fruttosio), l'abbassamento della concentrazione degli acidi organici, la crescita della bacca (per effetto della distensione cellulare), la sintesi dei pigmenti e l'accumulo di acido abscissico e altri ormoni.

La pratica di inerbimento può apportare variazioni significative alle componenti dell'acino, quali i solidi solubili, l'acidità totale, i polifenoli, i composti aromatici e l'azoto assimilabile. Tuttavia, è importante notare che gli effetti dell'inerbimento sulla composizione dell'acino possono variare e dipendere dalle caratteristiche dell'areale in cui viene applicato. Ciò rende difficile definire un effetto univoco, poiché ci sono molte variabili che possono influenzare i risultati.

Rispetto ai solidi solubili, pH e acidità titolabile, gli studi condotti hanno evidenziato che rimangono inalterati nella maggior parte dei casi. Ad esempio, alcune ricerche condotte in Ungheria hanno dimostrato che non sono evidenti differenze nella composizione del mosto sia con inerbimento spontaneo e pacciamatura organica (Varga et al. 2012), sia con inerbimenti di leguminose spontanee e di graminacee (Donkó et al., 2017). Similmente, in vigneti di Pino nero in Oregon (USA) non sono state osservate differenze confrontando inerbimenti con leguminose spontanee o con graminacee, sia in monocoltura che in miscela (Sweet and Schreiner, 2010).

In contrasto, altri studi riportano variazioni nella composizione del mosto in seguito all'inerbimento. Ad esempio, in presenza di inerbimento spontaneo nel centro Italia si è osservato un incremento dei solidi solubili nella fase di maturazione delle varietà Canaiolo nero e Trebbiano giallo, mentre il pH e l'acidità titolabile rimangono inalterati. Al contrario,

una diminuzione dei solidi solubili è stata osservata con inerbimento artificiale (*F. arundinacea* e *L. perenne*) in un vigneto con la varietà Greghetto (Palliotti et al., 2007). L'incremento dei solidi solubili può essere associato alla diminuzione della produzione e delle dimensioni dell'acino, ma non è sempre un risultato univoco. Infatti, in altri casi si assiste a una diminuzione dei solidi solubili con una riduzione della produzione, indicando che un inerbimento eccessivo può indebolire notevolmente il vigneto.

Anche per i polifenoli, non esiste una visione univoca. Infatti, si possono osservare variazioni molto diverse o rimanere invariati. Questa variabilità dipende dalle condizioni in cui vengono condotte le analisi, che possono influenzare la maturazione (luce, umidità, temperatura, competizione per i sink etc.). Ad esempio, un inerbimento artificiale con *F. arundinacea* (70 %) e *L. perenne* (30 %) mostra un incremento dei composti polifenolici e del colore nei vini ottenuti da varietà di Grechetto in Italia centrale, mentre in un inerbimento artificiale ottenuto da una miscela di *F. rubra* (20%), *F. ovina* (20%) e *T. subterraneum* (60%) si osserva una diminuzione della concentrazione di flavonoli e antociani in Italia meridionale. In Sardegna, la concentrazione totale di polifenoli e antociani nelle varietà Carginano aumenta con *D. glomerata* (80 %) e *Lolium rigidum* (20 %), mentre un inerbimento spontaneo (*Bromus hordeaceus*, *Avena sterilis* and *Vulpia myuros*) e un inerbimento con una miscela di leguminose (50% *Medicago polymorpha* e 50% *Trifolium yannicum*) mostrano una riduzione dei polifenoli rispetto alla lavorazione tradizionale (Muscas et al., 2017).

L'azoto assimilabile (APA) è uno dei parametri che viene maggiormente influenzato dalla presenza di un inerbimento. L'azoto prontamente assimilabile rappresenta il substrato di crescita dei lieviti ed è rappresentato dalla concentrazione di ioni ammonio e aminoacidi presenti nel succo. Come è noto, un inerbimento con leguminose, generalmente incrementa la concentrazione di azoto nel suolo. Tuttavia, questo aumento non sempre si traduce in un aumento dell'APA, ma può verificarsi quando l'inerbimento viene mantenuto per più anni. Al contrario, è stato osservato che l'inerbimento costituito da graminacee, causa competizione per l'azoto nel terreno, con conseguente riduzione dell'azoto assimilabile (Giese et al. 2015; Palliotti et al. 2007; Rodriguez-Lovelle et al. 2000b; Wheeler et al. 2005).

I composti aromatici possono essere influenzati indirettamente dalla variazione del rendimento e della crescita vegetativa, causando un incremento della loro intensità. Ad esempio, in un Nuova Zelanda è stato osservato che in un inerbimento con *C. intibys* si verifica un incremento di aromi di frutta matura (Wheeler et al., 2005). Allo stesso modo, in vigneti inerbiti in Italia sono stati rilevati alti contenuti di glicerolo e una minor concentrazione di 2,3-butandiolo (Coletta et al., 2013; De Pascali et al., 2014; Toci et al., 2012).

Non solo la composizione dell'acino, ma anche la popolazione di lieviti riveste un ruolo di notevole importanza nei processi di vinificazione (in particolare senza inoculo di lieviti commerciali) al fine di ottenere un vino caratterizzato da una bouquet aromatica complesso che deriva da diversi ceppi di lievito. La complessità di microrganismi presenti nell'uva può provocare delle alterazioni qualitative durante la vinificazione, ma con corrette pratiche enologiche possono essere sfruttati per arricchire il bouquet del vino.

L'inerbimento, sebbene in modo indiretto, può influenzare la popolazione di lieviti indigeni. Uno studio condotto da Cordero-Bueso et al. (2011) ha osservato un cambiamento delle popolazioni di *Saccharomyces* nelle fermentazioni spontanee di uve prodotte in vigneti inerbiti rispetto ad uve prodotte in vigneti gestiti con lavorazione tradizionale. L'autore ipotizza che la presenza dell'inerbimento riduce le popolazioni di *Saccharomyces* a causa della competizione con altri funghi e popolazioni di lieviti dell'uva, riducendo la quantità e biodiversità dei lieviti nel vigneto, soprattutto quando vengono utilizzati ceppi fermentativi.

Nella seconda parte introduttiva, si evidenziano gli effetti diretti sull'ecosistema del vigneto e sul ciclo della vite. Tali effetti includono una riduzione del vigore vegetativo associata a una minore incidenza di infezioni fungine principali e un aumento della biodiversità, che premette il controllo biologico di alcuni parassiti, come le popolazioni di Cicadellidae e di afidi, grazie alla presenza dei nemici naturali. Questi benefici possono essere sfruttati in vigneti condotti secondo il metodo biologico.

Tuttavia, l'inerbimento comporta una competizione per le risorse idriche che deve essere considerata tenendo conto dell'areale di coltivazione. Bisogna notare che, sebbene possa causare un deficit idrico, si osserva anche un incremento dell'infiltrazione e una riduzione dell'evaporazione del suolo. Per mitigare la riduzione della produzione causata dalla carenza di acqua e dalla competizione, è possibile adottare pratiche mirate di concimazione e irrigazione in base alle esigenze della vite. Il portinnesto, inoltre, gioca un ruolo importante nella tolleranza al deficit idrico.

Infine, va considerato che l'inerbimento influisce sulla composizione del grappolo e, in particolare, sull'azoto assimilabile e sulla popolazione di lieviti; tutti parametri di interesse per i processi di vinificazione.

Capitolo 3

MATERIALI E METODI

L'indagine è stata condotta all'interno di un ampio progetto di ricerca che ha partecipato al Bando MISE emanato con Decreto ministeriale 2 agosto 2019 (pubblicato nella GURI n. 221 del 20 settembre 2019) – Intervento a sostegno di progetti di ricerca e sviluppo nei settori applicativi della Strategia nazionale di specializzazione intelligente relativi a “Fabbrica intelligente”, “Agrifood”, “Scienze della vita” e “Calcolo ad alte prestazioni” ai sensi del Capo II, «procedura negoziale», del decreto 5 marzo 2018. Il progetto di ricerca coinvolge quattro partner, tra cui tre aziende private, nello specifico “Terre Cortesi Moncaro Soc. Coop.”, APRA Srl e Prodotti Alimentari Brunori Srl, e un ente di ricerca rappresentato dall'Università Politecnica delle Marche. Il progetto è intitolato “Nuove tecnologie di prodotto per il Food & Wine tipico della tradizione italiana MADE IN ITALY, processo intelligente, integrato, ed interconnesso nella logica di agricoltura di precisione ed industria 4.0, tracciabilità della supply chain, metodi e servizi in ottica blockchain ed in accordo con i criteri del biologico, sostenibilità, sicurezza, design, competitività e globalizzazione”, poi riassunto in MISE-Agrifood. Il progetto MISE-Agrifood (ID Domanda: MCC 9936, Decreto di concessione 81 del 19.01.2023) è stato avviato nel gennaio 2021 e riguarda diverse linee di ricerca, tra cui assumono un ruolo rilevante quelle riguardanti la gestione conservativa del suolo e, in particolare, la valutazione di inerbimenti temporanei ottenuti seminando essenze selezionate.

Lo studio oggetto della presente tesi riguarda un esperimento di inerbimento eseguito in un vigneto di uve da vino nella zona del Monte Conero con denominazione di origine (DOC) per il Rosso Conero con l'intento di verificare il ruolo esercitato dall'inerbimento interferire sulla crescita vegetativa della vite.

Gli studi sono stati condotti in un appezzamento Cal del vigneto ‘Cantori del partner Moncaro’ situato nel comune di Camerano in provincia di Ancona. Il vigneto è costituito da tre appezzamenti che nel 2001 erano condotti a seminativo, come si evince dalle ortofoto della zona, e investiti a vigneto dal 2008 (Figura 3-1).

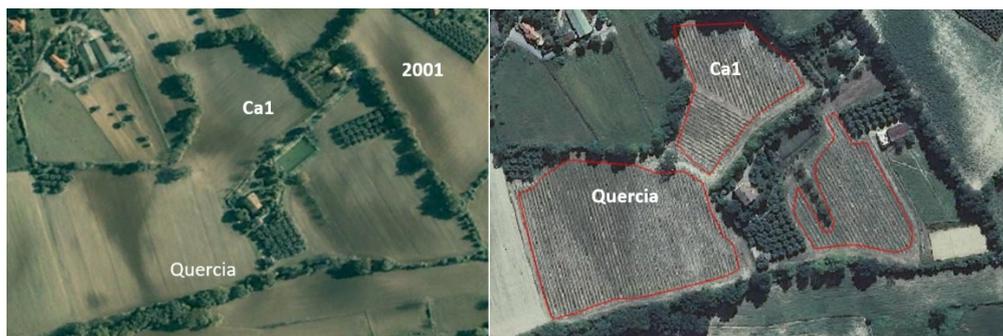


Figura 3-1: Blocco vitato oggetto di studio nell'ortofoto del 2001 e in quella del 2010 che presenta la delimitazione dei tre appezzamenti (linea rossa). Le prove sono state condotte nell'appezzamento Ca1.

L'appezzamento è situato in una zona climatica di tipo temperato umido con precipitazioni più abbondanti in primavera e in autunno e meno intense in inverno e in estate, estati molto calde (classificazione climatica di Koppen). Il terreno su cui è impiantato il vigneto è di tipo argilloso, con presenza di calcare attivo che non causa clorosi ferrica. Nell'appezzamento Ca1, le viti sono della cultivar Montepulciano clone VCR 7, innestate su un portinnesto SO4. Le viti sono allevate a contropalliera con potatura mista a Guyot. La distanza tra i filari è di 3 metri, mentre la distanza sulla fila è di 1 metro.

Le tecniche di gestione dell'interfilare messe a confronto sono due: inerbimento spontaneo e inerbimento artificiale seminato. Nell'inerbimento artificiale è stata seminata a file alterne la leguminosa annuale trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum*), una specie diffusa nel bacino Mediterraneo e utilizzata principalmente come erba da foraggio. Il clima temperato è fondamentale per la corretta crescita, mentre non tollera temperature inferiori a 0 gradi, prospera bene laddove le temperature medie si aggirano intorno ai 15-20°C, resistendo addirittura fino ai 40°C e in condizioni di alta siccità (alta resistenza alla siccità). Il trifoglio alessandrino è una pianta capace di adattarsi a molti tipi di terreno, sia argillosi che alcalini (valore di pH ideale 6 e 8), a patto che siano ben drenati e sciolti per permettere all'importante apparato radicale di svilupparsi in maniera corretta. Possiede la capacità di autoriseminarsi e si presenta con fusto eretto, steli cavi all'interno e con radici fittonanti. Le foglie sono trifogliate con peduncolo lungo, mentre i fiori sono bianchi. La pianta produce semi di colore bruno (Figura 3-2). Proprio per le radici di tipo fittonante, ricche di tubercoli, il trifoglio è considerato una pianta miglioratrice del terreno.



Figure 3-2: Semi *Trifolium alexandrinum*

Come tutte le leguminose, il trifoglio è in grado di fissare l'azoto dall'atmosfera, aumentando così la concentrazione di azoto nel suolo. Tuttavia, è fondamentale la presenza dei batteri coinvolti nella simbiosi per svolgere questa funzione. Si stima che il trifoglio possa fissare circa 150 Kg di azoto per ettaro all'anno, ma se i batteri non sono presenti, devono essere inoculati. Nell'inerbimento a file alterne, si gestisce l'interfilare alternando l'inerbimento spontaneo a quello artificiale, così da semplificare le operazioni di gestione meccanica del vigneto. La semina del trifoglio alessandrino è stata effettuata il 10 novembre 2022, utilizzando un dosaggio di 25 Kg/ha e una seminatrice su sodo. La gestione dell'inerbimento prevede la trinciatura per mantenere l'altezza del cotico limitata, riducendo così la competizione con le viti. La biomassa trinciata è stata lasciata sul terreno agendo come pacciamante naturale. La gestione del sottofila è stata identica nelle due tesi a confronto e si è basata su interventi di lavorazione meccanica.

I rilievi sono stati condotti sugli interfilari compresi tra le file 14 e 18 per Trifoglio alessandrino, che è stato seminato tra la fila 14 e la fila 15 e tra la 16 e la 17, dato che si tratta di un inerbimento artificiale a file alterne. Per questo motivo gli interfilari compresi tra la fila 15 e la 16 e tra la 17 e la 18 sono stati lasciati inerbire naturalmente e denominati NAT3.

Nel caso dell'inerbimento naturale esteso a tutti gli interfilari sono stati presi in esame gli interfilari compresi tra le file 2 e 6 e, analogamente a quanto fatto per l'inerbimento artificiale, nei rilievi sono stati mantenuti separati gli interfilari compresi tra le file 2-3 e 4-5 (NAT1) da quelli compresi tra le file 3-4 e 5-6 (NAT2).

3.1 Valutazione delle colture di copertura

Lo sviluppo delle colture di copertura è stato seguito con una serie di sopralluoghi in campo effettuati a partire da dicembre 2022 e conclusi a luglio 2023 (30 dicembre 2022; 11, 20 e 21 aprile, 9 e 24 maggio, 8 e 16 giugno, 27 luglio 2023). Immagini dell'interfilare sono state scattate ad ogni sopralluogo e valutazioni del grado di copertura e della biomassa formata sono state condotte in prossimità degli interventi di gestione dell'interfilare volti a contenere la crescita delle piante erbacee e la loro competizione nei confronti delle viti. Nello specifico, in

tre momenti della stagione e per ciascuna parcella sperimentale sono state individuate 10 aree di campionamento di 0,2 m² su cui sono stati determinati i seguenti parametri:

- tasso di copertura erbacea (%) mediante stima visiva;
- ripartizione delle specie presenti (%) tra graminacee, leguminose e altro mediante stima visiva;
- sostanza secca (SS) prodotta;
- altezza delle specie erbacee.

La copertura di *Trifolium alexandrinum* è stata trinciata seguendo le indicazioni date dal prof. Rodolfo Santilocchi il cui contributo è stato fondamentale sia per quel che concerne la scelta della specie da impiegare sia per quanto riguarda le tecniche di gestione capaci di controllarne sia la crescita vegetativa sia lo sviluppo al fine di ottenere una buona produzione di fitomassa associata a una buona capacità di auto-risemina. I campioni prelevati poco prima della trinciatura sono stati essiccati in stufa a 60°C fino a peso costante e quindi pesati per determinare la sostanza secca formata. La prima trinciatura di *Trifolium alexandrinum* è stata eseguita in data 26 aprile 2023 ed una seconda trinciatura è stata effettuata in data 1° giugno 2023. Il secondo rilievo della sostanza secca formata è stato condotto dopo il secondo intervento di trinciatura, in data 8 giugno 2023, prelevando il materiale trinciato la settimana precedente.

Gli interfilari inerbiti naturalmente sono stati trinciati: il primo intervento è stato eseguito a metà febbraio 2023, dopo la potatura invernale e la stralciatura che è stata effettuata lasciando cadere i sarmenti di due filari contigui sull'interfilare inerbito naturalmente, così da non disturbare l'interfilare seminato con *Trifolium alexandrinum*. Il secondo intervento di trinciatura dell'inerbimento naturale è stato eseguito il 26 aprile 2023, contemporaneamente alla trinciatura di *Trifolium alexandrinum*. Un terzo intervento di trinciatura dell'inerbimento naturale si è reso necessario nel periodo estivo (9 giugno 2023). I rilievi di sostanza secca formata con l'inerbimento naturale sono stati eseguiti tre volte (21 aprile, 16 giugno, 28 luglio 2023).

3.2 Comportamento vegetativo delle viti

I parametri relativi alla chioma delle viti di Montepulciano sono stati ottenuti fotografando le chiome di 12 viti per ciascuna tesi posizionando una fotocamera digitale sotto la chioma ed elaborando le immagini ottenute utilizzando l'applicazione Viticanopy, che permette di valutare in modo rapido la dimensione e la porosità della chioma.

3.3 Decorso meteorologico

I dati riguardanti il decorso termico e pluviometrico del periodo novembre 2022- settembre 2023 sono stati estratti dal sito della Protezione Civile delle Marche (<http://app.protezionecivile.marche.it/sol>), e confrontati con quelli del biennio precedente. È stata presa in considerazione la stazione Baraccola (codice stazione 613, Latitudine 43°34', Longitudine 13°31', Quota 52 m) sia per i dati termometrici (codice sensore 2855), che pluviometrici (codice sensore 2854).

3.4 Analisi dei dati

I dati ottenuti sono stati archiviati in un foglio elettronico (Excel) ed elaborati per calcolare i valori medi.

Capitolo 4 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Decorso meteorologico

Durante la stagione di crescita del 2023, si sono registrate precipitazioni insolitamente elevate rispetto agli anni precedenti (2021 e 2022). Inoltre, la distribuzione degli eventi piovosi si è discostata rispetto agli anni osservati. Le precipitazioni, infatti, sono state frequenti lungo tutto il periodo di studio (Figura 4-1).

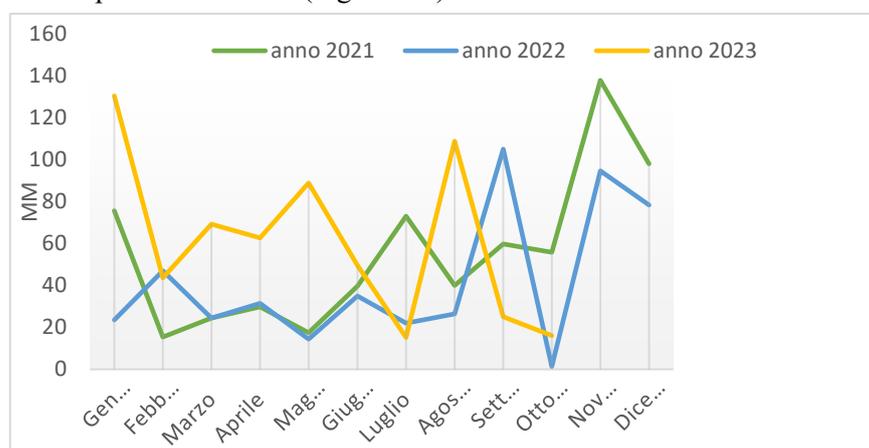


Figura 4-1: Distribuzione delle precipitazioni nel triennio 2021-23

Il decorso pluviometrico del triennio 2021-23 è riportato in Tabella 4-1. Nei primi due mesi del 2023, sono state registrate precipitazioni cumulate pari a 173 mm (130 mm a gennaio e 43 mm a febbraio). Nel mese di marzo, sono caduti 69 mm di pioggia, portando il totale di 243 mm la pioggia accumulata nel primo trimestre del 2023, ovvero nel periodo che generalmente precede il germogliamento della vite. Le precipitazioni nel primo trimestre del 2023 sono state superiori rispetto ai due anni precedenti (115 mm nel 2021 e 95 mm nel 2022). Nel suo complesso la primavera 2023 è stata molto piovosa (220 mm totali nel periodo marzo-maggio) con un apporto di 62 mm ad aprile e di 88 mm a maggio. Le precipitazioni primaverili nei due anni precedenti sono state di entità significativamente inferiore (70 mm nel 2021 e 71 mm nel 2022). Durante l'estate del 2023, c'è stata una buona disponibilità idrica (133 mm di pioggia caduta nel periodo giugno-luglio), superiore a quella del 2021 (116 mm) e del 2022 (94 mm). Il mese di agosto è caratterizzato da precipitazioni eccezionali rispetto al periodo precedente,

con quasi 110 mm. Nel periodo gennaio-agosto 2023 sono caduti complessivamente 564 mm di pioggia, una quantità di molto superiore a quella dei due anni precedenti (222 mm nel 2022 e 312 mm nel 2021). Nel 2023, settembre è stato avaro di piogge (25 mm), specie se confrontato con il biennio precedente (105 mm nel 2022 e 59 mm nel 2021). Complessivamente, nei mesi autunnali del 2023 sono caduti 41 mm di pioggia, una quantità inferiore a quella del 2021 (114 mm) e del 2022 (106 mm).

Tabella 4-1: Precipitazioni cumulate mensili registrate nel triennio

Mese	Cumulata [mm] Periodo 2021	Cumulata [mm] Periodo 2022	Cumulata [mm] Periodo 2023
<i>Gennaio</i>	75,60	23,60	130,40
<i>Febbraio</i>	15,40	47,00	43,60
<i>Marzo</i>	24,40	24,40	69,20
<i>Aprile</i>	29,80	31,40	62,60
<i>Maggio</i>	17,40	14,40	88,80
<i>Giugno</i>	39,60	35,00	49,60
<i>Luglio</i>	73,00	22,00	15,20
<i>Agosto</i>	40,00	26,40	108,80
<i>Settembre</i>	59,80	105,00	25,00
<i>Ottobre</i>	55,80	1,40	16,40
<i>Novembre</i>	137,80	94,60	-
<i>Dicembre</i>	98,00	78,40	-

Per la caratterizzazione climatica della località oltre all'analisi dei decorsi temporali delle precipitazioni, sono analizzati anche i decorsi termici (Tabella 4-2). Il decorso termico del 2023 registrato dalla stazione Baraccola viene messo a confronto con il biennio precedente. Nel triennio 2021-23 il mese più freddo è stato sempre gennaio, con temperatura media di 5,4°C, mentre luglio (25,66°C) e agosto (24,24°C) sono stati i mesi più caldi. Durante l'inverno del 2023, le temperature medie mensili sono state 7,38°C a gennaio e di 6,29°C a febbraio. La primavera del 2023 ha avuto un inizio relativamente più caldo, con temperature medie di 11,26°C a marzo e 12,12°C ad aprile, superando quelle del biennio precedente. A maggio invece, la temperatura media è stata di 16,93°C, inferiore a quella che era stata registrata nel biennio precedente. L'estate del 2023 è cominciata con un giugno decisamente meno caldo di quello del biennio precedente (21,89°C), mentre luglio con 25,9°C è stato il mese più caldo dell'anno, con valori simili a quelli del biennio precedente. Analogamente a quanto registrato per giugno anche agosto ha presentato una temperatura media (23,86°C)

inferiore rispetto al biennio precedente. L'autunno del 2023 si è presentato decisamente più caldo rispetto al biennio precedente: la temperatura media di settembre si è attestata a 21,56°C (+1,80 °C rispetto al 2021 e + 2,22°C rispetto al 2022) e quella di ottobre è stata pari a 19,09°C.

Tabella 4-2: Temperatura media mensile registrata nel triennio 2021-23 dalla stazione Baraccola

Mese	Temperatura media (°C)			
	2021	2022	2023	Media
<i>Gennaio</i>	4,55	4,27	7,38	5,40
<i>Febbraio</i>	7,70	6,97	6,29	6,98
<i>Marzo</i>	7,85	6,94	11,26	8,63
<i>Aprile</i>	10,8	11,98	12,12	11,63
<i>Maggio</i>	17,80	18,50	16,93	17,50
<i>Giugno</i>	23,30	24,39	21,89	23,19
<i>Luglio</i>	25,46	25,63	25,90	25,66
<i>Agosto</i>	24,56	24,32	23,86	24,24
<i>Settembre</i>	19,76	19,34	21,56	20,22
<i>Ottobre</i>	13,77	15,91	19,09	16,52
<i>Novembre</i>	11,23	11,22	-	11,22
<i>Dicembre</i>	6,73	8,74	-	7,73

Nello studio della vocazionalità ambientale la sommatoria dei gradi giorno (GG) nel periodo compreso tra aprile e ottobre, nota come indice di Winkler, è ampiamente utilizzata come indice bioclimatico sintetico per la stima delle disponibilità termiche dei territori viticoli. Nel caso in esame tale indice è stato pari a 2173 GG, un valore che avrebbe di gran lunga soddisfatto le necessità termiche del Montepulciano, che ammontano attorno a 1800GG.

4.2 Evoluzione stagionale della copertura vegetale

A partire dalla fine di dicembre 2022 sono stati condotti ripetuti sopralluoghi nel vigneto per seguire l'evoluzione della copertura erbacea, specie quella seminata a novembre. Nella prima verifica condotta il 30 dicembre 2022, 40 giorni dopo la semina su sodo con un'attrezzatura che viene di norma impiegata per infittire il prato dei campi da golf, è stato possibile notare che *Trifolium alexandrinum* aveva già cominciato a svilupparsi, come si può evincere dall'esame delle Figure 4-2 e 4-3. In Figura 4-2 la panoramica dell'interfilare permette di notare le linee che la leguminosa ha formato lungo i piccoli solchi creati dalla seminatrice, mentre in Figura 4-3 il dettaglio dell'interfilare permette di notare che la

leguminosa si è sviluppata bene anche in quelle zone dell'interfilare che avevano avuto nella stagione precedente una bassa colonizzazione da parte delle piante spontanee.

La seconda verifica in campo si è svolta in data 11 aprile, quando è stato possibile appurare che *Trifolium alexandrinum* aveva avuto una crescita importante, comparabile a quella dell'inerbimento naturale presente nel filare contiguo (confronta le 2 immagini di Figura 4-2). Sulla base della verifica condotta in data 11 aprile sono stati programmati i rilievi di dettaglio che sono stati eseguiti nei giorni 20 e 21 aprile. Le due immagini di Figura 4-4 permettono di confrontare il grado di sviluppo degli inerbimenti spontanei e di quello con la leguminosa annuale autoriseminante *Trifolium alexandrinum*, ma anche lo stadio fenologico di Montepulciano, che presentava germogli con 1-2 foglie assieme a gemme che erano ingrossate, ma non avevano ancora raggiunto la fase di formazione del germoglio. Un attento esame di Figura 4-4 fa percepire nettamente che le parcelle inerbite naturalmente sono colonizzate in maniera importante dalle graminacee con una forte presenza di *Hordeum murinum*, una specie che si incontra con elevata frequenza nei vigneti inerbiti naturalmente. D'altra parte, è anche evidente che *Trifolium alexandrinum* è stato in grado di competere egregiamente con le altre specie presenti nel vigneto al momento della semina ed è riuscito a colonizzare bene lo spazio interfilare. In Figura 4-5, il particolare di un interfilare inerbito naturalmente permette di apprezzare la diffusa presenza di graminacee che ha compresso in modo determinante lo sviluppo delle "specie a foglia larga".

Le foto scattate in occasione del controllo in campo del 9 maggio 2023 mostrano chiaramente il disseccamento della biomassa che era stata trinciata il 26 aprile e lasciata *in situ* (Figura 4-6). Dall'esame della Figura 4-6 si può notare che, nonostante la copertura esercitata dalla massa vegetale trinciata, *Trifolium alexandrinum* è stato in grado di riprendere la sua crescita, che lo ha portato nuovamente ad una copertura importante testimoniata dalle foto scattate in data 24 maggio 2023 (Figura 4-7). Le favorevoli condizioni stagionali hanno portato ad effettuare un secondo intervento di trinciatura di *Trifolium alexandrinum* in data 1° giugno 2023, mentre gli interfilari inerbiti naturalmente sono stati trinciati il 9 giugno. La Figura 4-8 riporta immagini delle parcelle sperimentali scattate l'8 giugno 2023, dal cui esame si evince che, a una settimana dalla seconda trinciatura, *Trifolium alexandrinum* ha ripreso a crescere e che l'inerbimento naturale necessita di una trinciatura, che è stata effettuata il giorno successivo. La Figura 4-9 mostra le immagini scattate il 16 giugno 2023: *Trifolium alexandrinum* continua a crescere, l'inerbimento naturale è stato trinciato, i germogli di Montepulciano sono stati convogliati entro i fili e le loro parti apicali si situano al di sopra dell'ultimo filo di contenimento della vegetazione.



*Figure 4-2: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato il 30 dicembre 2022 (in alto) e il 11 aprile 2023 (in basso). Foto O. Silvestroni.*



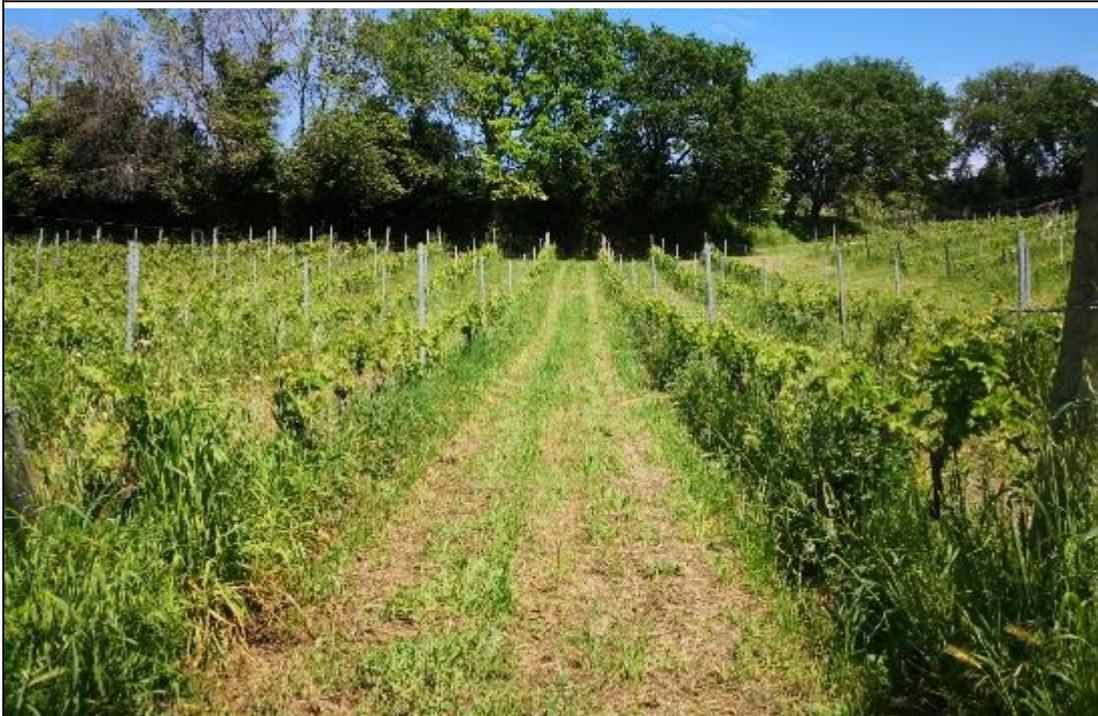
*Figure 4-3: Particolari di interfilari del vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum*. Le foto, scattate il 30 dicembre 2022 mostrano la leguminosa che ha iniziato da poco il suo sviluppo a 40 giorni dalla semina su sodo condotta il 10 novembre (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-4: Il vigneto Cal dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato durante i rilievi del 20 e 21 aprile 2023. Inerbimento naturale in alto, inerbimento con *Trifolium alexandrinum* in basso (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-5: Particolare di interfilare inerbito naturalmente nel vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum*. Foto scattata durante i rilievi del 21 aprile 2023 (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-6: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato durante il controllo in campo del 9 maggio 2023. Inerbimento con *Trifolium alexandrinum* in alto, inerbimento naturale in basso (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-7: Il vigneto Ca1 dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato durante i rilievi del 24 maggio 2023. Inerbimento con *Trifolium alexandrinum* in alto a destra, inerbimento naturale in alto a sinistra e in basso (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-8: Il vigneto Cal dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato durante i rilievi del 8 giugno 2023. Inerbimento con *Trifolium alexandrinum* in alto, inerbimento naturale in basso (Foto O. Silvestroni).*



*Figure 4-9: Il vigneto Cal dove sono state condotte le prove di inerbimento interfilare temporaneo con *Trifolium alexandrinum* fotografato durante i rilievi del 16 giugno 2023. Inerbimento con *Trifolium alexandrinum* in alto a destra, inerbimento naturale in alto a sinistra e in basso (Foto O. Silvestroni).*

Le verifiche in campo sono proseguite fino al momento in cui *Trifolium alexandrinum* ha completato il suo ciclo andando a seme lasciando sull'interfilare uno spesso strato pacciamante formato dai suoi steli disseccati come mostrano le foto scattate a fine luglio 2023 (Figura 4-10).



Figure 4-10: Panoramica dell'interfilare inerbito con *Trifolium alexandrinum* in alto e dettaglio della copertura pacciamante in basso fotografati durante le verifiche del 27 luglio 2023 (Foto O. Silvestroni).

Le verifiche in campo condotte a fine luglio mostrano una copertura erbacea ancora in attivo sviluppo negli interfilari inerbiti naturalmente (Figura 4-11), che devono pertanto essere nuovamente trinciati.



Figure 4-11: Panoramica dell'interfilare inerbito naturalmente in alto e dettaglio della copertura erbacea che lo ricopre in basso fotografati durante le verifiche del 27 luglio 2023 (Foto O. Silvestroni).

La produzione di biomassa vegetale (Tabella 4-3) è stata più elevata nel primo e nel terzo rilievo rispetto al secondo, eseguito a ridosso della seconda trinciatura effettuata in anticipo di una settimana per l'inerbimento artificiale con trifoglio alessandrino (1° giugno) rispetto agli inerbimenti spontanei (8 giugno). Ciononostante, il secondo taglio di *Trifolium alexandrinum* ha portato ad una produzione di massa vegetale nettamente superiore a quella registrata la settimana successiva negli inerbimenti spontanei. In totale *Trifolium alexandrinum* ha apportato 800 g/m² di biomassa, il che equivale a dire 8000 kg/ha. L'inerbimento spontaneo ha complessivamente apportato da un minimo di 432 a un massimo di 706 g/m² di biomassa, il che equivale a dire da 4320 a 7060 kg/ha di sostanza secca.

Tabella 4-3: Biomassa vegetale sfalciata (g/m²) nel 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (*Trifolium alexandrinum*) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.

Inerbimento	Primo rilievo	Secondo rilievo	Terzo rilievo	Totale
<i>Spontaneo 1</i>	316	81	309	706
<i>Spontaneo 2</i>	290	32	203	526
<i>Spontaneo 3</i>	197	57	179	432
<i>Trifolium alexandrinum</i>	272	183	345	800

Per quanto riguarda la composizione floristica della copertura vegetale del suolo, questa è stata valutata in due momenti, ovvero durante la stagione primaverile (21 aprile) e nel corso dell'estate (28 luglio). I rilievi primaverili hanno permesso di evidenziare un grado di copertura del suolo totale per tutte le tipologie di inerbimento, sia spontaneo, sia artificiale (Tabella 4-4). La capacità di *Trifolium alexandrinum* di colonizzare l'interfilare è risultata molto elevata, dato che le piante di questa specie rappresentavano ben il 78% del totale. La copertura vegetale primaverile dell'interfilare seminato con *Trifolium alexandrinum* era costituita per circa il 19% da graminacee e per un modestissimo 2% da altre specie a foglia larga. La composizione floristica primaverile degli inerbimenti spontanei vedeva una netta prevalenza delle graminacee, che oscillava tra un minimo dell'86% e un massimo del 91% e che vedeva al suo interno una elevata presenza di orzo e, in misura minore, di avena, lolium e bromus. Le dicotiledoni rappresentavano dal 9 al 14% e non contemplavano la presenza di leguminose (Tabella 4-4). Negli inerbimenti spontanei, tra le dicotiledoni prevalevano convolvolo e veronica.

Tabella 4-4: Copertura del suolo e composizione floristica delle essenze presenti nell'interfilare al rilievo del 21 aprile 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (*Trifolium alexandrinum*) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.

Inerbimento	Copertura %	Leguminose %	Graminacee %	Altro %
<i>Spontaneo 1</i>	100	0	86	14
<i>Spontaneo 2</i>	100	0	88	12
<i>Spontaneo 3</i>	100	0	91	9
<i>Trifolium alexandrinum</i>	100	78	19	2

Per quanto riguarda la copertura del suolo durante il periodo estivo, valutata alla fine di luglio (Tabella 4-5), quando *Trifolium alexandrinum* ha terminato il suo ciclo, sta andando a seme e si dissecca, possiamo registrare livelli decisamente elevati, da un minimo di 94,5% a un massimo del 100%; per tutte le tipologie di inerbimento allo studio. Gli steli disseccati del trifoglio ricoprono l'interfilare con uno spesso strato pacciamante che limita lo sviluppo di altre specie. Sul pacciamante costituito dal trifoglio (92% della copertura) si notano alcune graminacee e qualche dicotiledone come *Cirsium* e convolvolo. L'inerbimento spontaneo continua a mostrare una netta prevalenza di graminacee (dal 69 al 75%) che sono associate a diverse specie di dicotiledoni che continuano a non contemplare la presenza di leguminose. Tra le graminacee la setaria ha preso il sopravvento (vedi Figura 4-11).

Tabella 4-5: Copertura del suolo e composizione floristica delle essenze presenti nell'interfilare al rilievo del 28 luglio 2023 in parcelle vitate soggette a inerbimento annuale con leguminose (*Trifolium alexandrinum*) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.

Inerbimento	Copertura %	Leguminose %	Graminacee %	Altro %
<i>Spontaneo 1</i>	100	0	75	26
<i>Spontaneo 2</i>	94,5	0	71	29
<i>Spontaneo 3</i>	95,5	0	69	31
<i>Trifolium alexandrinum</i>	100	92	3	5

Le valutazioni sulla copertura erbacea dell'interfilare sono stata completate da rilievi condotti sull'evoluzione dell'altezza media delle specie presenti, che è stata regolata dagli interventi di trinciatura eseguiti dall'azienda che ha ospitato le prove (Figura 4-12). Il 21 aprile

2023 (giorno 111), le piante di trifoglio alessandrino presentavano un'altezza media di 55 cm, mentre quelle dell'inerbimento spontaneo erano un poco più basse (44 cm). La trinciatura del 26 aprile (giorno 116) ha ridotto l'altezza della vegetazione a 18 cm nel caso dell'inerbimento artificiale e a 4 nel caso dello spontaneo, sulla base di scelte tecniche che tendevano a sostenere la crescita dell'inerbimento artificiale. La reazione al taglio del trifoglio alessandrino è stata positiva e il giorno 151 (31 maggio 2023) la sua altezza media si aggirava attorno a 45 cm. La trinciatura del 1° giugno lo ha abbassato sui 13 cm. Dopo la seconda trinciatura il trifoglio alessandrino è stato gestito per andare in fioritura e a seme: la sua altezza ha nuovamente superato i 40 cm, poi è andato gradualmente verso la sua naturale terminazione. Il rilievo di fine luglio ha fatto registrare uno strato pacciamante spesso più di 10 cm. L'inerbimento spontaneo ha presentato un andamento dell'altezza delle specie vegetali che lo compongono non dissimile da quello dell'inerbimento con trifoglio alessandrino fino alla seconda trinciatura effettuata all'inizio di giugno. Durante l'estate le piante dell'inerbimento spontaneo hanno continuato a crescere senza subire arresti.

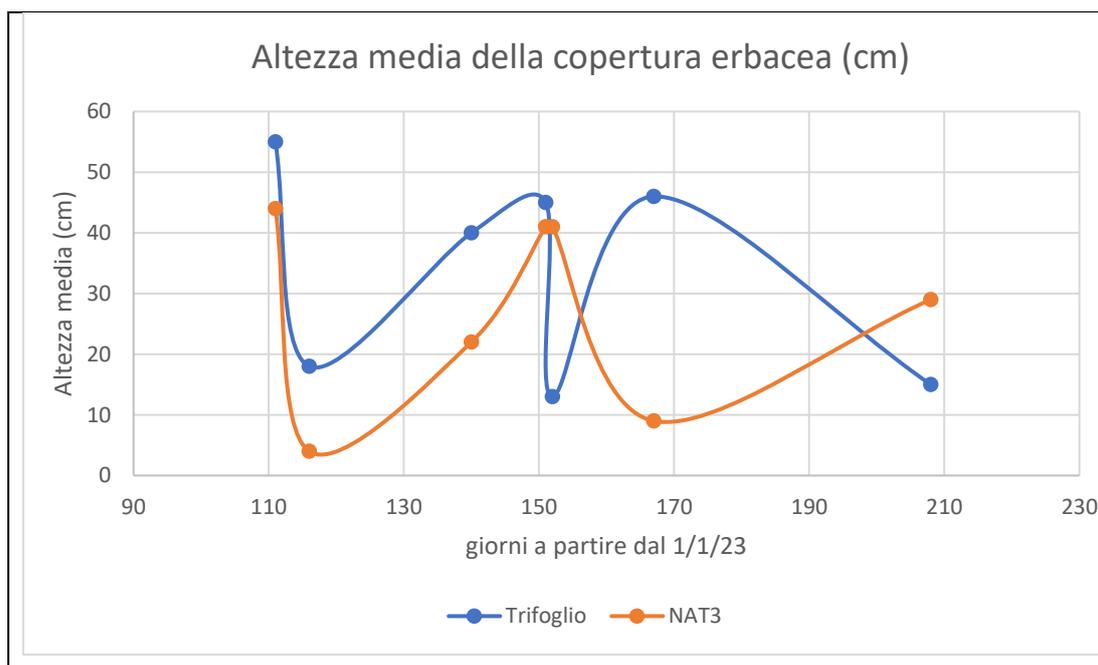


Figure 4-12: Evoluzione stagionale dell'altezza media delle piante erbacee presenti negli interfilari seminati il 10 novembre 2022 con *Trifolium alexandrinum* a confronto con gli interfilari contigui lasciati ineruire naturalmente da due anni.

4.3 Comportamento vegetativo delle viti

Il comportamento vegetativo delle viti (Tabella 4-6) è stato valutato, come già detto, in condizioni di gestione alterna degli interfilari che prevedeva sempre il sottofila lavorato e un interfilare inerbito naturalmente che era contiguo ad un interfilare inerbito con la leguminosa annuale *Trifolium alexandrinum* (Spontaneo 3- *Trifolium alexandrinum*) oppure ad un interfilare lasciato inerbitare naturalmente (Spontaneo 1-2). Le valutazioni del comportamento vegetativo delle viti sono state condotte il 2 agosto 2023, quando la crescita delle viti era ormai completata, scattando un'immagine a 12 viti per tesi posizionando la fotocamera a terra e riprendendo l'intera chioma. Un esempio delle immagini scattate è riportato in Figura 4-13.

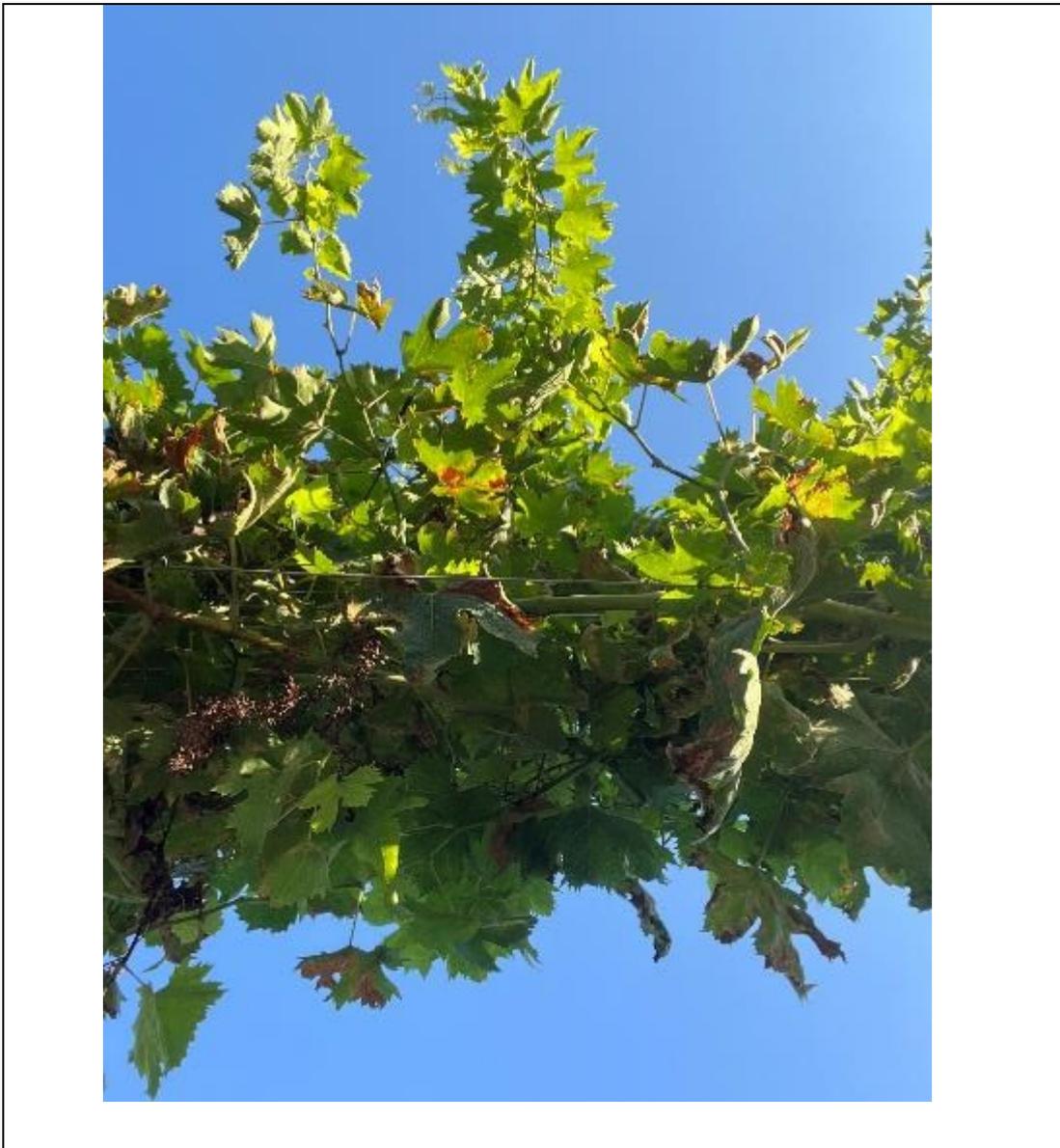


Figure 4-13: Immagine di una chioma di Montepulciano da analizzare con Viticanopy per determinarne dimensioni e porosità (Foto Marco Narcisi).

Le immagini così acquisite sono poi state elaborate con un'applicazione che attraverso un software dedicato fornisce informazioni sulla dimensione (canopy cover) e sulla porosità (canopy porosity) dell'apparato aereo di ciascuna pianta.

I risultati ottenuti mostrano che, rispetto alle viti delle parcelle con inerbimento spontaneo, quelle delle parcelle che avevano un interfilare seminato con *Trifolium alexandrinum* presentano una chioma più espansa, ovvero valori più elevati della variabile adimensionale canopy cover (0,846 contro 0,820) e più ricca di porosità (0,170 contro 0,155).

Tabella 4-6: Comportamento vegetativo di Montepulciano in parcelle con diversi inerbimenti dell'interfilare e sottofila lavorato. Inerbimento annuale con leguminose (Trifolium alexandrinum) a confronto con l'inerbimento spontaneo permanente.

Inerbimento	Canopy cover	Canopy porosity
<i>Spontaneo 1-2</i>	0,820	0,155
<i>Spontaneo 3 - Trifolium alexandrinum</i>	0,846	0,170

CONCLUSIONI

Con il presente studio si è posto l'obiettivo di confrontare la risposta vegetativa della vite in un vigneto gestito con inerbimento spontaneo e artificiale, attraverso l'osservazione dell'evoluzione stagionale della copertura vegetativa e della chioma. L'ipotesi di partenza era che vi fosse una minor spinta vegetativa dovuta alla competizione idrica e minerale nell'inerbimento spontaneo. La premessa, è quella di guardare in modo più ampio l'ecosistema del vigneto, poiché i risultati dipendono da un insieme di variabili che devono essere osservate congiuntamente per ottenere una misurazione accurata.

Il comportamento vegetativo della vite è stato valutato in condizioni di gestione alterna degli interfilari che prevedeva il sottofila lavorato e un interfilare inerbito contiguo ad un interfilare inerbito con trifoglio alessandrino oppure a interfilari inerbiti naturalmente.

I risultati hanno mostrato che le viti delle parcelle con interfilari seminati con trifoglio alessandrino presentavano una chioma più espansa rispetto a quelle delle parcelle con inerbimento spontaneo. Questo avvenimento potrebbe essere attribuito all'azione miglioratrice del trifoglio, nonostante l'effetto vari notevolmente a seconda di diversi fattori (tra i quali l'areale di coltivazione). Le caratteristiche climatiche e pedologiche, per esempio, possono influenzare il vigore vegetativo. Nel vigneto studiato durante la ricerca, è emerso che le abbondanti piogge hanno favorito una crescita eccessiva del germoglio, che si è prolungata fino al periodo di formazione del grappolo. Questa condizione ha causato uno sviluppo incontrollato della peronospora, in quanto favorita dalle condizioni umide del microclima. Inoltre, una crescita prolungata del germoglio può ritardare i processi di maturazione, con conseguente perdita di qualità. Purtroppo, a causa del mancato raccolto, non siamo stati in grado di analizzare la composizione dell'acino, in particolare l'influenza dell'inerbimento con leguminose sulla composizione del mosto. Tuttavia, la degradazione della biomassa dell'inerbimento con leguminose fornisce azoto al terreno, oltre a quello fornito per azoto fissazione. L'azione miglioratrice ricopre un ruolo fondamentale sulla crescita vegetativa della vite, poiché l'azoto è coinvolto in numerosi processi essenziali per la crescita. È infatti di fondamentale importanza per la sintesi degli enzimi coinvolti nei principali anabolici e catabolici, inclusa la fotosintesi clorofilliana, e gioca un ruolo importante nella crescita del

germoglio. Tuttavia, è importante ricordare che la crescita iniziale della vite è garantita dalle riserve contenute nei tralci che si sono lignificati durante il processo di agostamento (agosto-settembre dell'anno precedente). Queste riserve, in particolare l'azoto, sono consumate per la ripresa vegetativa delle radici e successivamente della chioma.

Per quanto riguarda l'evoluzione stagionale della copertura vegetativa, questa ha rispecchiato il decorso pluviometrico. Il trifoglio seminato su sodo si è sviluppato anche nelle aree dell'interfilare che avevano avuto nella stagione precedente una bassa colonizzazione da parte delle piante spontanee. Il trifoglio ha mostrato una crescita eccezionale, con un elevato e prolungato tasso di crescita fino all'inizio del periodo estivo, grazie all'assenza di un deficit idrico che avrebbe limitato la crescita. Inoltre, è stato in grado di riprendere la crescita dopo le operazioni di trinciatura. Il trifoglio alessandrino ha completato il suo ciclo andando a seme e lasciando uno spesso strato pacciamante formato dai suoi steli disseccati sull'interfilare. Questa capacità di auto risemina del trifoglio è un'attitudine importante da considerare negli studi sull'inerbimento, poiché riduce la necessità di interventi e di risemina una volta completato il ciclo di crescita. Questo si traduce in una riduzione dei costi variabili legati all'utilizzo delle macchine (carburante, lubrificante, manodopera). Perché tutto questo avvenga, è importante gestire l'inerbimento con attenzione, in particolare nel controllo meccanico dell'altezza del trifoglio che deve essere tale da non disturbarne eccessivamente la corona vegetativa. Anche gli interfilari inerbiti naturalmente hanno mostrato una crescita significativa, con un continuo sviluppo erbaceo osservato anche in estate.

Nel complesso, anche la copertura del suolo ha rispecchiato l'andamento delle precipitazioni, risultando prossima al 100%. Questa condizione favorisce le migliori caratteristiche fisico-chimiche e biologiche del suolo e in particolare contribuisce al contenimento dei fenomeni erosivi.

Nell'inerbimento artificiale con trifoglio, si osserva una buona azione rinettante delle infestanti. Dalle analisi della composizione floristica, infatti, è risultata una netta prevalenza del trifoglio alessandrino rispetto alle altre specie, rappresentate per la maggior parte da graminacee rispetto alle specie a foglia larga. Anche al termine del suo ciclo vegetativo, gli steli disseccati del trifoglio ricoprono l'interfilare con uno spesso strato pacciamante, limitando lo sviluppo di altre specie.

Nell'inerbimento spontaneo invece, la composizione floristica è tipica dell'areale di coltivazione, con una netta prevalenza di graminacee spontanee (orzo, avena, *lolium perenne*, *bromus*) mentre le dicotiledoni rappresentano la minima parte (principalmente *convolvolo* e *veronica*) e non contemplavano la presenza di leguminose.

Le valutazioni sulla copertura erbacea dell'interfilare sono state completate da rilievi condotti sull'evoluzione dell'altezza media delle specie presenti, che è stata regolata dagli interventi di trinciatura eseguiti dall'azienda che ha ospitato le prove con scelte tecniche che tendevano a sostenere la crescita dell'inerbimento artificiale e raggiungere la formazione del seme. Complessivamente, l'andamento delle altezze delle specie vegetali non è stato molto diverso tra gli interfilari inerbiti artificialmente e quelli inerbiti spontaneamente, fino alla naturale terminazione del ciclo del trifoglio. Le piante dell'inerbimento spontaneo invece, hanno continuato a crescere durante l'estate senza subire arresti.

Dalle osservazioni sul campo, l'inerbimento ha contribuito a contenere efficacemente la perdita di suolo per ruscellamento sul terreno declive, specie se lo andiamo a confrontare con la zona sotto il filare, che è stata gestita con lavorazione con fine di rincalzo. Sebbene in assenza di quantificazioni precise, le verifiche in campo hanno messo in luce che la lavorazione nel sottofila ha mostrato purtroppo una scarsa nel contenimento delle infestanti ed "effetti collaterali" indesiderati accentuati da una stagione piovosa come quella in cui sono state svolte le indagini. Nella fascia lavorata si sono infatti formati solchi in prossimità delle viti dovuti al ruscellamento dell'acqua e alla formazione di corsie preferenziali di scorrimento. In conclusione, questa ricerca mi ha permesso di acquisire una conoscenza approfondita dell'argomento, sottolineando l'importanza di un approccio interdisciplinare, e mi ha fatto capire quanto sia cruciale coinvolgere diverse parti interessate per raggiungere soluzioni efficaci. Un interessante sviluppo ulteriore delle indagini potrebbe riguardare lo studio delle influenze esercitate dalla presenza dell'inerbimento sulla distribuzione e sulla funzionalità radicale.

BIBLIOGRAFIA

- Agnelli, A., Bol, R., Trumbore, S. E., Dixon, L., Cocco, S., & Corti, G. (2014). Carbon and nitrogen in soil and vine roots in harrowed and grass-covered vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 193, 70 - 82.
- Bagagiolo, G., Biddoccu, M., Rabino, D., & Cavallo, E. (2018). Effects of rows arrangement, soil management, and rainfall characteristics on water and soil losses in Italian sloping vineyards. *Environmental Research*, 166, 690 - 704.
- Belmonte, S. A., Celi, L., Stahel, R. J., Bonifacio, E., Zanni, E., & Steenwerth, K. L. (2018). Effect of Long-Term Soil Management on the Mutual Interaction Among Soil Organic Matter, Microbial Activity and Aggregate Stability in a Vineyard. *Pedosphere*, 28(2), 288 - 298.
- Berlanas, C., Andrés-Sodupe, M., López-Manzanares, B., Maldonado-González, M. M., & Gramaje, D. (2018). Effect of white mustard cover crop residue, soil chemical fumigation and *Trichoderma* spp. root treatment on black-foot disease control in grapevine. *Pest Management Science*, 74(12), 2864–2873.
- Biddoccu, M., Ferraris, S., Opsi, F., & Cavallo, E. (2015). Effects of Soil Management on Long-Term Runoff and Soil Erosion Rates in Sloping Vineyards. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1: Climate Change and Engineering Geology*.
- Biddoccu, M., Ferraris, S., Opsi, F., & Cavallo, E. (2016). Long-term monitoring of soil management effects on runoff and soil erosion in sloping vineyards in Alto Monferrato (North-West Italy). *Soil and Tillage Research*, 155, 176 - 189.
- Bogunovic, I., Bilandzija, D., Andabaka, Z., Stupic, D., Rodrigo Comino, J., Cacic, M., Brezinscak, L., Maletic, E., & Pereira, P. (2017). Soil compaction under different management practices in a Croatian vineyard. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(15).
- Bonciarelli F (1993) *Agronomia*. Edagricole, ISBN-13 9788820617233.
- Buehler, R., Bosco, L., Arlettaz, R., & Jacot, A. (2017). Nest site preferences of the Woodlark (*Lullula arborea*) and its association with artificial nest predation. *Acta Oecologica*, 78, 41 - 46.

- Coletta, A., Trani, A., Faccia, M., Punzi, R., Dipalmo, T., Crupi, P., ... Gambacorta, G. (2013). Influence of viticultural practices and winemaking technologies on phenolic composition and sensory characteristics of Negroamaro red wines. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(11), 2215–2227.
- Cordero-Bueso, G., Arroyo, T., Serrano, A., & Valero, E. (2011). Influence of different floor management strategies of the vineyard on the natural yeast population associated with grape berries. *International Journal of Food Microbiology*, 148(1), 23–29.
- De Pascali, S. A., Coletta, A., Del Coco, L., Basile, T., Gambacorta, G., & Fanizzi, F. P. (2014). Viticultural practice and winemaking effects on metabolic profile of Negroamaro. *Food Chemistry*, 161, 112–119.
- Donkó, Á., Migléc, T., Valkó, O., Tóthmérész, B., Deák, B., Kelemen, A., ... Drexler, D. (2017). Comparison of species-rich cover crop mixtures in the Tokaj wine region (Hungary). *Organic Agriculture*, 7(2), 133–139.
- García-Díaz, A., Marqués, M. J., Sastre, B., & Bienes, R. (2018). Labile and stable soil organic carbon and physical improvements using groundcovers in vineyards from central Spain. *Science of the Total Environment*, 621, 387 - 397.
- Garland, G. M., Suddick, E., Burger, M., Horwath, W. R., & Six, J. (2011). Direct N₂O emissions following transition from conventional till to no-till in a cover cropped Mediterranean vineyard (*Vitis vinifera*). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141(1 - 2), 234 - 239.
- Giese, G., Wolf, T. K., Velasco-Cruz, C., Roberts, L., & Heitman, J. (2015). Cover crop and root pruning impacts on vegetative growth, crop yield components, and grape composition of Cabernet-Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(2), 212–226.
- Guilpart, N., Roux, S., Gary, C., & Metay, A. (2017). The trade-off between grape yield and grapevine susceptibility to powdery mildew and grey mould depends on inter-annual variations in water stress. *Agricultural and Forest Meteorology*, 234–235, 203– 211.
- Jacometti, M. A., Wratten, S. D., & Walter, M. (2007). Enhancing ecosystem services in vineyards: Using cover crops to decrease botrytis bunch rot severity. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5(4), 305–314.
- Muscas, E., Cocco, A., Mercenaro, L., Cabras, M., Lentini, A., Porqueddu, C., & Nieddu, G. (2017). Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 237, 203– 212.

- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S. S., Santoro, A., & Cerdà, A. (2011). Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil and Tillage Research*, 117, 140 - 147.
- Palliotti, A., Cartechini, A., Silvestroni, O., Mattioli, S., Petoumenou, D., & Berrios, J. G. (2007). Long-term effects of seeded cover-crop on vegetative characteristics, yield and grape and wine composition of “grechetto” grapevines in central Italy. *Acta Horticulturae* (Vol. 754).
- Peregrina, F., Larrieta, C., Ibáñez, S., & García-Escudero, E. (2010). Labile organic matter, aggregates, and stratification ratios in a semiarid vineyard with cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, 74(6), 2120 - 2130.
- Peregrina, F., Pérez-Álvarez, E. P., & García-Escudero, E. (2014). The short-term influence of aboveground biomass cover crops on C sequestration and β -glucosidase in a vineyard ground under semiarid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(4), 1000 - 1007.
- Rodriguez-Lovelle, B., Soyer, J. P., & Molot, C. (2000b). Nitrogen availability in vineyard soils according to soil management practices. effects on vine. *Acta Horticulturae* (Vol. 526).
- Steenwerth, K. L., Pierce, D. L., Carlisle, E. A., Spencer, R. G. M., & Smart, D. R. (2010). A vineyard agroecosystem: Disturbance and precipitation affect soil respiration under mediterranean conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 74(1), 231 - 239.
- Sweet, R. M., & Schreiner, R. P. (2010). Alleyway cover crops have little influence on pinot noir grapevines (*Vitis vinifera* L.) in two western Oregon vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(2), 240–252.
- Toci, A. T., Crupi, P., Gambacorta, G., Dipalmo, T., Antonacci, D., & Coletta, A. (2012). Free and bound aroma compounds characterization by GC-MS of Negroamaro wine as affected by soil management. *Journal of Mass Spectrometry*, 47(9), 1104–1112.
- Valdés-Gómez, H., Gary, C., Cartolaro, P., Lolas-Caneo, M., & Calonnec, A. (2011). Powdery mildew development is positively influenced by grapevine vegetative growth induced by different soil management strategies. *Crop Protection*, 30(9), 1168– 1177.
- Varga, P., Májer, J., Jahnke, G. G., Németh, C., Szoke, B., Sárdi, K., ... Salamon, B. (2012). Adaptive Nutrient Supply and Soil Cultivation Methods in the Upper Zone of Hillside Vineyards. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(1–2), 334–340.

- Vogelweith, F., & Thiéry, D. (2017). Cover crop differentially affects arthropods, but not diseases, occurring on grape leaves in vineyards. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(3), 426–431.
- Vrsic, S., Ivancic, A., Pulko, B., & Valdhuber, J. (2011). Effect of soil management systems on erosion and nutrition loss in vineyards on steep slopes. *Journal of Environmental Biology*, 32(3), 289 – 294.
- Vukicevich, E., Thomas Lowery, D., Úrbez-Torres, J. R., Bowen, P., & Hart, M. (2018). Groundcover management changes grapevine root fungal communities and plant-soil feedback. *Plant and Soil*, 424(1–2), 419–433.
- Wheeler, S. J., Black, A. S., & Pickering, G. J. (2005). Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *vitis vinifera* 'Cabernet-Sauvignon' in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(3), 317–328.
- Wilson, H., Miles, A. F., Daane, K. M., & Altieri, M. A. (2017). Landscape diversity and crop vigor outweigh influence of local diversification on biological control of a vineyard pest. *Ecosphere*, 8(4).