



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse naturali, Animali e
Ambiente

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Viticole ed Enologiche

**Diffusione e Sostenibilità ambientale dell'inerbimento nella viticoltura
italiana**

Relatore

Dott.ssa Vittoria Giannini

Co-relatore

Prof. Carmelo Maucieri

Laureando

Davide Riva

Matricola n.1221734

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	6
1.1. Tipologie inerimento e diffusione in Italia.....	6
1.2. Vantaggi e svantaggi dell'inerimento.....	7
2. INERIMENTO DEL VIGNETO.....	8
2.1. Effetti sul suolo.....	9
2.1.1. Effetti dell'inerimento sull'erosione.....	9
2.1.2. Effetti dell'inerimento sul compattamento.....	11
2.1.3. Effetti dell'inerimento sulla sostanza organica.....	12
2.1.4. Effetti dell'inerimento sulla microfauna del suolo.....	13
2.2. Effetti sul vigneto.....	14
2.2.1. Effetti dell'inerimento sul controllo biologico degli insetti.....	14
2.2.2. Effetti dell'inerimento sul controllo dei patogeni.....	16
2.2.3. Effetti dell'inerimento sulla vigoria, produttività della vite e qualità dell'uva.....	17
2.3. Effetti sull'ambiente.....	20
2.3.1. Effetti dell'inerimento sulle emissioni di CO ₂ e N ₂ O.....	20
3. CONCLUSIONI.....	22
4. BIBLIOGRAFIA.....	23

RIASSUNTO

Questa tesi vuole esplorare la stretta relazione che esiste tra il sistema vigneto, analizzato in tutte le sue sfere, e l'inerbimento. L'obiettivo è di valutare, con i dati disponibili in letteratura, eventuali vantaggi agronomici con risvolti ecologici positivi avendo un occhio di riguardo per la viticoltura italiana. L'elaborato, realizzato grazie ad uno studio bibliografico della letteratura internazionale, comincia con una introduzione generale dei diversi tipi di colture di copertura esponendone i vantaggi e gli svantaggi. Il lavoro prosegue con lo sviluppo della relazione tra inerbimento e suolo (erosione, compattamento, sostanza organica, microfauna), lo studio della relazione con la vite (controllo biologico insetti, controllo dei patogeni, vigoria, produttività e qualità dell'uva e del vino) e le interazioni con l'ambiente (emissioni gas serra). Lo studio ha analizzato l'utilizzo di questa tecnica in diversi tipi di clima.

SUMMARY

The aim of this study is to explore the close relationship that exist between cover crops and vineyard system, analyzed in all of its ecosphere. The objective is to use the data available in the literature to evaluate any agronomic advantages with positive ecological implications, focusing on the Italian viticulture. This thesis begins with a general introduction of the different types of cover crops where are shown their advantages and disadvantages. The work continues with the development of the relationship between cover crops and soil (erosion, compaction, organic matter and microfauna), the study of the relationship with the vine (biological insect control, pathogen control, vigor, productivity and quality of grapes and wine) and interactions with the environment (greenhouse gas emissions). The study analyzed the use of this technique in different types of climate.

DIFFUSIONE E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELL'INERBIMENTO NELLA VITICOLTURA ITALIANA

1. INTRODUZIONE

1.1 Tipologie inerbimento e diffusione in Italia

Negli ultimi anni sono stati rivalutati molti dei principi derivati dall'agricoltura convenzionale sensibilizzando la comunità verso ideali di tutela ambientale. La gestione e conservazione del suolo ha quindi assunto un ruolo fondamentale nel processo di progresso sostenibile del settore primario.

L'inerbimento è una tecnica che s'ispira ai principi dell'agricoltura conservativa ed è considerata una delle tecniche più efficaci per conservare, se non addirittura migliorare, i molteplici servizi ecosistemici del vigneto. Questa tecnica ha permesso di rivalutare molte metodologie del processo produttivo, prima considerate comuni, come l'utilizzo di fitofarmaci, fertilizzanti e lavorazioni del terreno. L'inerbimento, quindi, consiste in una copertura erbacea totale o parziale del suolo, da utilizzarsi in diversi periodi del ciclo colturale, dipendentemente dall'obiettivo prefissato. Nella maggiore parte dei casi l'inerbimento non viene utilizzato per i vantaggi economici che ne derivano, ma piuttosto per i vantaggi ecosistemici che esso fornisce. La scelta varietale del tappeto erboso è fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo desiderato e tra le famiglie botaniche maggiormente utilizzate troviamo:

- Graminacee: questa famiglia viene generalmente selezionata grazie all'alta competizione che mostra nei confronti delle infestanti, alla buona portanza che conferisce al terreno ed alla grande richiesta di azoto minerale che ne limita la lisciviazione nei periodi freddi e piovosi. Quest'ultima caratteristica però limita l'impiego delle graminacee in ambienti aridi dove andrebbe a deprimere eccessivamente il vigore vegetativo. Infine, i residui colturali sono caratterizzati da un alto contenuto di carbonio e un basso contenuto di azoto, per questo sono soggetti ad una lenta mineralizzazione (Stringi et al., 2004).
- Leguminose: vengono impiegate grazie alla loro capacità di fissare azoto atmosferico in azoto organico, capacità derivata dal processo simbiotico

instaurato con alcune popolazioni microbiche e che permette di arricchire il suolo di questo importante nutriente. In alcuni casi però possono causare una diminuzione dei batteri soppressori di malattie, questo è causato probabilmente da una maggiore produzione di saponine da parte dell'apparato radicale delle leguminose (Vukicevich et al., 2016).

- Vegetazione nativa o spontanea: richiedono uno studio più specifico di caso in caso, ad ogni modo potrebbero determinare una bassa competitività con la vite e una bassa richiesta di input definita dall'adattamento delle piante al territorio. Anche la flora microbica autoctona potrebbe essere favorita dall'utilizzo di questa tipologia di inerbimento grazie, ancora, all'adattamento e alla convivenza di quest'ultima con la vegetazione spontanea (Vukicevich et al., 2016).

L'impiego dell'inerbimento è certamente in crescita e lo dimostrano i dati, i quali ci indicano una crescita dal 10,8% del 1982 al 30% del 2008 della superficie viticola inerbita in Italia. Ad oggi però, si rileva ancora un marcato divario d'impiego tra Italia settentrionale e Italia meridionale derivato dalla paura che la competizione idrica che viene ad instaurarsi nel vigneto possa ridurre la quantità e la qualità del vendemmiato, dalla scarsa informazione da parte dei viticoltori riguardo i benefici che questa tecnica può portare e dall'inadeguatezza del parco macchine delle aziende viticole del sud Italia (Saladino, 2011).

1.2. Vantaggi e svantaggi dell'inerbimento

Nelle decadi passate, i processi produttivi del mondo agricolo davano poca importanza ai complessi equilibri naturali che vengono a instaurarsi tra le differenti ecosfere che compongono gli agro-ecosistemi. La maggior parte delle lavorazioni, infatti, miravano ad una semplificazione estrema delle coltivazioni favorendo il più delle volte la monocoltura. È risaputo che la monocoltura è una delle principali cause del degrado del suolo e l'adozione dell'inerbimento può essere un'alternativa sostenibile per combattere questo fenomeno.

Tra i diversi vantaggi attribuiti all'inerbimento troviamo:

- L'aumento della macro e micro-porosità del suolo che causa un minor grado di compattamento, un maggior sviluppo dell'apparato radicale della vite, una maggior capacità di penetrazione dell'acqua e un miglioramento

della capacità di campo che si traduce in maggiori volumi d'acqua disponibili per il sostentamento della coltura (Haruna et al., 2020).

- La diminuzione dell'erosione grazie all'intercetto diretto delle gocce di pioggia e il rallentamento dell'acqua di ruscellamento da parte della copertura vegetale che causa una dissipazione dell'energia (Blanco-Canqui, 2018).
- L'aumento della sostanza organica, che determina un incremento della temperatura del suolo e della concentrazione di acqua a livello superficiale favorendo lo sviluppo della micro e meso-fauna. Inoltre, diminuendo la lisciviazione dei nutrienti (kaspar e Singer, 2011).
- La competizione e l'allelopatia unita alla produzione di grandi quantità di biomassa ad inizio stagione sono fattori limitanti e per questo di controllo nei confronti delle malerbe (Mennan et al., 2020).
- Grazie alla capacità delle leguminose di fissare l'azoto si può ottenere una fornitura di azoto totale maggiore rispetto ad un terreno nudo. Questo fattore contribuisce al fabbisogno delle colture successive (Peoples et al., 2009).

Come accennato nel paragrafo precedente, uno degli svantaggi è la competizione idrica e nutrizionale nelle zone più aride. In questo caso però può essere considerata l'idea di utilizzare l'inerbimento nei periodi di dormienza della vite per limitare i fenomeni di degrado del suolo e per poter giovare in parte dei vantaggi sopra citati.

Un altro svantaggio potrebbe essere la maggior richiesta economica in quanto a seconda del tipo di inerimento potrebbero essere richiesti specifici macchinari (Es. semitraci) e comunque determinate operazioni come sfalcio o sovescio.

2. INERBIMENTO DEL VIGNETO

La gestione del suolo in vigneto deve considerare due aspetti molto importanti, il fattore ambientale e l'interazione con la coltura. Nel primo caso vengono considerati gli elementi che costituiscono la sostenibilità ambientale. Nel secondo

caso vengono valutate le risposte in termini quantitativi e qualitativi della coltura e del prodotto, in questo caso la vite e l'uva.

I fattori ambientali comprendono le risposte che coinvolgono i processi connessi alle tre sfere con le quali interagiscono le coperture erbose, interazioni che nascono dalla particolare posizione che i vegetali occupano sulla superficie terrestre. Parliamo della pedosfera, della biosfera e dell'atmosfera. Vengono prese in esame le interconnessioni che troviamo tra tipologia dell'inerbimento e una serie di processi che possono avvenire sia con la pedosfera come la variazione di materia organica e nutrienti del suolo o la variazione del compattamento e dell'erosione del suolo, sia con l'atmosfera come il sequestro di CO₂ nel suolo, sia con la biosfera come la variazione della microfauna del suolo.

Quando esaminiamo la relazione tra inerbimento e vite, come detto in precedenza, dobbiamo considerare i riflessi che questa tecnica può avere a livello qualitativo e quantitativo sull'uva e sulla vite. In vigneti che presentano diverse gestioni del suolo è possibile trovare differenze quanti-qualitative dell'uva o diverse sensibilità della vite rispetto ad alcune malattie.

2.1. Effetti sul suolo

2.1.1 Effetti dell'inerbimento sull'erosione

L'erosione è il fenomeno per cui la superficie del suolo, a causa di agenti esogeni (vento, cicli di gelo e disgelo, acqua meteorologica), subisce una continua degradazione e asporto di materiale.

Questo normale fenomeno geologico, facente parte della pedogenesi, colpisce tutta la superficie della terra ma risulta più accentuato quando il suolo si presenta "nudo", senza copertura vegetale, a causa ad esempio delle lavorazioni che spesso interessano i suoli dei vigneti. In questi casi si parla di erosione accelerata ovvero, l'esportazione dei detriti è molto maggiore rispetto alla formazione del suolo stesso. Mediamente, nelle aree agricole, si ha una perdita di suolo fertile annuo per circa 10 tonnellate per ettaro a fronte di una formazione di circa 2-3 tonnellate per ettaro, che diminuisce ulteriormente in zone aride (Saladino, 2011).

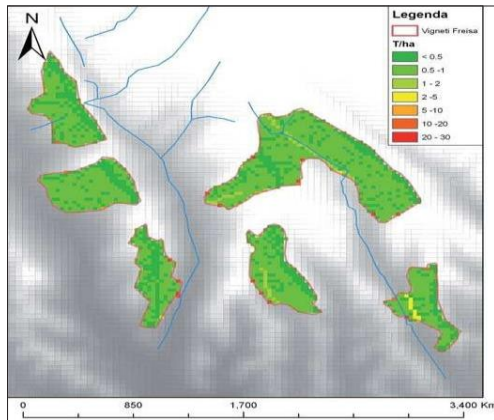
Stimare il valore complessivo di erosione del suolo con l'uso di modelli previsionali risulta complesso. Il modello USLE (Universal Soil Loss Equation, Wischmeier & Smith, 1978) però ha trovato ampio utilizzo. È un'espressione matematica su base empirica che fornisce una stima della perdita annua di suolo causata dall'erosione idrica laminare e dal ruscellamento calcolata usando parametri di erosività ed erodibilità del suolo.

$$A = R K L S C P$$

in cui A è la perdita media annua di suolo per unità di superficie [t/ha]; R è il fattore climatico o indice di aggressività della pioggia, K esprime l'erodibilità del suolo dovuta alle proprietà fisico-chimiche dello stesso; L e S sono i due fattori topografici, denominati rispettivamente lunghezza e pendenza della pendice; C fattore di copertura vegetale e di uso del suolo; P è il fattore tecniche sistematorie e di conservazione del suolo, considera le eventuali azioni messe in atto per contrastare la sua erodibilità.

L'uomo per controllare l'erosione accelerata nel breve periodo può intervenire modificando esclusivamente i fattori C e P. Uno studio condotto da Ajassa et al. (2013) confronta, utilizzando il modello USLE e a seguito dell'ottenimento di tutti i parametri, l'erosione potenziale del suolo in uno stesso vigneto con e senza l'utilizzo dell'inerbimento. I risultati mostrano come l'inerbimento sia una pratica fondamentale per il controllo dell'erosione perché nel caso del vigneto inerbito gli autori riportavano una perdita di suolo media annua di 0,3 t/ha (Fig. 1A) mentre nello stesso vigneto non inerbito di 16,1 t/ha (Fig. 1B).

A



B

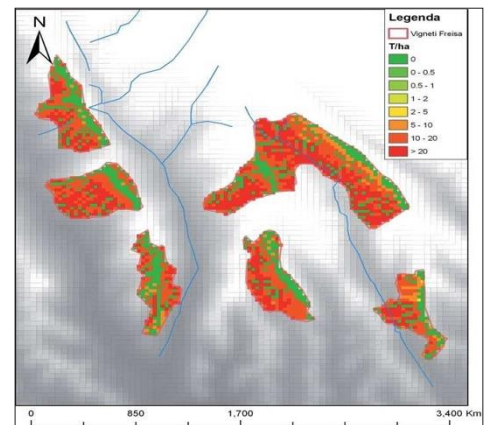


Figura 1. Differenza di erosione in vigneto inerbito e non inerbito. (Fonte: Ajassa et al., 2013)

L'azione del vento è tra le maggiori cause di erosione nelle zone dove troviamo un clima più arido. Nelle Great Plains in America è riportato come a causa del vento vengano asportate dalle 5 alle 18 t/ha all'anno (Hansen et al., 2012). In questo caso l'utilizzo di inerbimento durante le stagioni dove non vengono coltivate le colture primarie ha permesso di ridurre la perdita di materiale erodibile dell'80% e un aumento degli aggregati strutturali del 60% (Blanco-Canqui et al., 2015).

2.1.2 Effetti dell'inerbimento sul compattamento

Per compattamento intendiamo il processo fisico di riduzione della porosità del terreno a seguito di una riorganizzazione delle particelle in conseguenza di una pressione (es. passaggio di mezzi meccanici) aumentando così la densità apparente (Farrakh Nawaz et al., 2013).

Questo fenomeno è considerato il problema ambientale più grave causato dall'agricoltura convenzionale (McGarry, 2003), in quanto compromette la struttura del suolo causando a cascata un'alterazione delle caratteristiche chimico fisiche del suolo con risvolti negativi sulla porosità, l'infiltrazione dell'acqua, la mineralizzazione di carbonio (C) e azoto (N).

Tra i parametri che si utilizzano per valutare lo stato del compattamento del suolo troviamo la porosità, la densità apparente e la resistenza alla penetrazione

(Koudahe et al., 2022). Anche il tasso d'infiltrazione dell'acqua può essere utilizzato come parametro perché, un maggior compattamento comporta una diminuzione delle macro-porosità che causa una più difficoltosa penetrazione dell'acqua nel suolo (Farrakh Nawaz et al., 2013). Diminuendo lo stato di compattamento del suolo quindi contribuiamo in maniera significativa a migliorare una serie di caratteristiche fisiche che contribuiscono al mantenimento della fertilità fisica.

Studi condotti da Blanco-Canqui et al. (2011) e Adetunji et al. (2020) evidenziano come i suoli inerbiti rispetto a quelli lavorati presentino aggregati strutturali più stabili (che risultano quindi meno erodibili dall'acqua), una migliore capacità d'infiltrazione dell'acqua, un maggiore contenuto di acqua a parità di volume di suolo e un miglior controllo delle alte temperature.

2.1.3 Effetti dell'inerbimento sulla sostanza organica

La sostanza organica è una delle componenti principali del suolo ed è principalmente contenuta negli strati più superficiali. Si produce grazie alla decomposizione di composti di origine vegetale o animale e controlla la maggior parte delle attività abiotiche e biotiche che avvengono nel suolo e nelle acque (Saladino, 2011).

La componente che viene presa in considerazione per lo studio, la misurazione e la valutazione della sostanza organica è il carbonio organico. Le funzioni positive svolte da questo elemento si riflettono in altrettanti benefici sotto l'aspetto agronomico. All'interno dell'ecosistema del suolo infatti, è stato riportato che il carbonio organico migliora l'attività microbica, la disponibilità idrica, la disponibilità di nutrienti, la resa delle colture e il sequestro di CO₂ atmosferico (Haruna et al., 2020).

La sola conversione di suoli con vegetazione naturale a suoli agricoli può portare al rilascio del 20-70% del C immagazzinato nel suolo. Ad esempio, 21 anni dopo la creazione di un vigneto su un'area prativa nella regione mediterranea ha portato alla riduzione del 57% di C organico nei primi 15 cm di suolo. E ancora, in Europa i vigneti hanno un contenuto in C tra i più bassi tra tutti gli ecosistemi agricoli (Longbottom et al., 2015).

Questo significa che i vigneti offrono un'ottima opportunità per immagazzinare C nel suolo.

L'inerbimento può offrire una scelta economica per aumentare la sostanza organica e migliorare la qualità del suolo. Nello studio condotto da Adetunij et al. (2020), dove viene effettuata una revisione della letteratura esistente, si evidenzia come l'utilizzo dell'inerbimento determini un aumento della sostanza organica in differenti climi rispetto a suoli nudi. Le coperture vegetali aumentano la biomassa sopra e sotto la superficie del suolo, fattore che si traduce in un aumento di C organico. Inoltre, le colture di copertura diminuiscono anche la perdita di sostanza organica grazie alla loro azione anti-erosiva.

Un altro studio condotto da Haruna (2019) riporta che l'aumento di carbonio organico di un suolo inerbito rispetto ad uno nudo può essere considerevole, anche del 26% come riportato nella tabella 1.

Tabella 1. Contenuto di sostanza organica a diverse profondità (cm). SOC – soil organic matter (g Kg⁻¹). CC – Suolo inerbito. NC – Suolo non inerbito (Fonte: Haruna, 2019)

Trattamento	SOC
CC	29.56±0.44a
NC	21.78±0.31b
0-6	38.83±0.39a
6-12	21.33±0.23b
12-18	16.83±0.19c
0-6*CC	45.00±0.55
0-6*NC	32.67±0.30
6-12*CC	24.00±0.36
6-12*NC	18.67±0.24
12-18*CC	19.67±0.26
12-18*NC	14.00±0.20

2.1.4 Effetti dell'inerbimento sulla microfauna del suolo

L'attività dei microrganismi del suolo guidano molti dei processi chiave dell'agroecosistema, in particolare i cicli biogeochimici di C, N e fosforo (P). Sebbene nessuno sia ancora riuscito a contare tutte le specie microbiche presenti nel suolo, le stime suggeriscono fino a 10⁴ specie microbiche per g di suolo, di cui la maggior parte non sono riproducibili in coltura (Fitter et al., 2005). La

concentrazione e la funzionalità dei microrganismi varia a seconda della zona ed è influenzata dalla topografia, dal clima e dal materiale parentale (Gougoulias et al., 2014).

La biomassa microbica generalmente è proporzionata alla materia organica presente nel suolo, con un rapporto C microbico/ C organico compreso in media nel range 3-5% del peso. Questo tipo di C è il più dinamico e attivo facente parte del C organico (Nikitin et al., 2022).

I microrganismi del suolo hanno il compito di decomporre il materiale organico, sia esso di origine vegetale o animale. Questa degradazione permette di rendere disponibile gli atomi di C presenti nel composto organico (Gougoulias et al., 2014). Nel caso dell’N invece, esistono microrganismi che vivono in simbiosi con alcuni tipi di vegetali, le leguminose, e permettono di fissare l’N atmosferico in azoto N. Questo meccanismo permette di aumentarne la concentrazione e di rendendolo disponibile per la nutrizione della vite (Vukicevich et al., 2016). Queste relazioni simbiotiche influenzano anche la disponibilità di P perché riescono, al contrario della maggior parte delle colture commerciali, a rendere disponibili forme di P difficilmente utilizzabili. Le strategie possono essere riassunte in: esplorazione di un volume di suolo maggiore da parte degli apparati radicali delle colture di copertura, mobilitazione di forme di P organico e inorganico poco solubili e mineralizzazione di P organico (Hallama et al., 2019).

Uno studio condotto da Zablotowicz et al. (2007) della durata di tre anni, ha valutato l’evoluzione dei microrganismi in suoli inerbiti con *Lolium multiflorum* o non inerbiti, lavorati tramite diverse pratiche colturali. Questo lavoro riporta che la densità di microrganismi nello strato più superficiale (0-2 cm) risulta maggiore nei suoli inerbiti rispetto al suolo nudo. Nello strato più profondo (2-10 cm) invece, si osserva una concentrazione maggiore nel suolo inerbito e lavorato convenzionalmente tramite interrimento dei residui. I risultati sono riportati nella tabella 2.

Tabella 2. Concentrazioni ($\log_{10} \text{g}^{-1}$ suolo) di microrganismi a differenti profondità (cm). NT - Non lavorato, residui culturali in superficie. CT – lavorazione convenzionale, interrimento dei residui. (Fonte: Zablotowicz et al., 2007)

	Batteri eterotrofi totali	Batteri gram negativi	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Funghi totali
Ryegrass	10.77 ^a	10.03	7.96	7.53
Suolo 0–2 cm				
NT–ryegrass	8.38 a ^b	7.04 a	5.92 a	5.22 a
CT–ryegrass	8.28 a	7.07 a	5.90 a	5.17 a
CT–none	7.76 c	6.00c	5.06 b	4.59 b
Suolo 2–10 cm				
NT–ryegrass	7.61 bc	6.43 b	5.46 b	4.48 b
CT–ryegrass	8.27 a	6.99 a	6.17 a	5.21 a
CT–none	7.74 b	6.12 c	5.31 b	4.58 b

2.2. Effetti sul vigneto

2.2.1 Effetti dell'inerbimento sul controllo biologico degli insetti

Oggigiorno i vigneti sono considerati tra gli agroecosistemi a gestione più intensiva, tipicamente caratterizzati da un frequente utilizzo di prodotti fitosanitari e da una intensa lavorazione meccanica del suolo. Queste pratiche portano a una perdita di biodiversità e spesso causano gravi compromissioni delle funzioni del suolo, come la regolazione dei parassiti, la distruzione della struttura del suolo, la degradazione della materia organica e l'erosione del suolo (Gonçalves et al., 2021). È stato riportato che un suolo inerbito presenta una ricchezza di specie e un'abbondanza di artropodi maggiore rispetto ai suoli nudi, specialmente se l'inerbimento è spontaneo (Paiola et al., 2020).

Le siepi perenni e le colture di copertura sono le forme di habitat più popolari e più facilmente fornibili (Wilson et al., 2017). Una comunità ricca e diversificata di nemici naturali può contenere potenziali agenti di controllo biologico che si adattano a condizioni e microhabitat variabili e attaccano un'ampia gamma di parassiti delle colture. Pertanto, l'impiego dell'inerbimento potrebbe potenzialmente integrare o sostituire le applicazioni di pesticidi nei campi coltivati, a vantaggio della biodiversità locale e dell'ambiente (Möller et al., 2021). La scelta del tipo di inerbimenti corretto è molto importante. L'inerbimento vernino-primaverile può offrire rifugio e supporto per i nemici naturali però,

spesso poi viene falciato e interrato andando a minimizzarne l'utilità da questo punto di vista. Le coperture perenni vengono utilizzate maggiormente per il controllo vegetativo della vite in zone molto fertili, questa minor vigoria può contribuire ad una diminuzione dell'appetibilità della vite nei confronti dei parassiti. L'inerbimento estivo invece, potrebbe risultare molto proficuo. L'utilizzo di una copertura composta principalmente da specie caratterizzate da una buona fioritura (es. *Fagopyrum esculentum*, *Phacelia tanacetifolia*, *Lobularia maritima*, *Trifolium* spp.) ha un grande potenziale di controllo biologico e di supporto per i nemici naturali. È abbastanza difficile da integrare nel vigneto però, in quanto le richieste idriche per il loro sostentamento sono elevate e rende difficoltose le lavorazioni meccaniche da effettuarsi in vigneto (Wilson et al., 2017).

Un esperimento condotto da Sáenz-Romo et al. (2019) riporta che l'impiego di un inerbimento spontaneo oppure composto da specie che fioriscono aumenta i predatori naturali epigei rispetto ad un suolo nudo. Nel caso dei predatori che vivono sulla vite invece non si riscontrano differenze tra le diverse tecniche colturali. I dati sono riportati in tabella 3.

Tabella 3. Specie di predatori osservate in un vigneto gestito con differenti inerbimenti. (Fonte: Sáenz-Romo et al., 2019)

DENSITA OSSERVATA (°D)		LAVORATO	INERBIMENTO SPONTANEO	INERBIMENTO FLOREALE
SUOLO				
CARABIDAE	⁰ D	11.5 (1.33) ^A	20.25 (1.44) ^b	16.20 (3.06) ^{ab}
	¹ D	6.89 (1.30) ^A	10.16 (1.30) ^a	7.32 (1.42) ^a
	² D	4.88 (1.14) ^A	6.95 (1.29) ^a	4.86 (1.10) ^a
FORFICULIDAE	⁰ D	1.00 (0.00) ^A	1.00 (0.00) ^a	1.00 (0.00) ^a
	¹ D	1.00 (0.00) ^A	1.00 (0.00) ^a	1.00 (0.00) ^a
	² D	1.00 (0.00) ^A	1.00 (0.00) ^a	1.00 (0.00) ^a
STAPHYLINIDAE	⁰ D	1.83 (0.54) ^A	3.17 (0.79) ^a	3.00 (0.73) ^a
	¹ D	1.79 (0.54) ^A	2.70 (0.60) ^a	2.71 (0.63) ^a
	² D	1.76 (0.54) ^A	2.40 (0.50) ^a	2.50 (0.60) ^a
POTENZIALI PARASSITI	⁰ D	0.17 (0.17) ^{AB}	0.83 (0.31) ^b	0.00 (0.00) ^a
	¹ D	0.17 (0.17) ^{AB}	0.83 (0.31) ^b	0.00 (0.00) ^a
	² D	0.17 (0.17) ^{AB}	0.83 (0.31) ^b	0.00 (0.00) ^a
VIGNETO				
AEOLOTHRIPIDAE	⁰ D	2.33 (0.49) ^A	2.00 (0.36) ^a	2.16 (0.31) ^a
	¹ D	2.11 (0.41) ^A	1.88 (0.33) ^a	1.97 (0.32) ^a
	² D	1.98 (0.36) ^A	1.80 (0.30) ^a	1.85 (0.32) ^a
CHRYSOPIDAE	⁰ D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.67 (0.21) ^a
	¹ D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.67 (0.21) ^a
	² D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.67 (0.21) ^a
CECIDOMYIIDAE	⁰ D	0.83 (0.31) ^A	1.33 (0.49) ^a	2.17 (0.31) ^a
	¹ D	0.81 (0.29) ^A	1.27 (0.48) ^a	2.11 (0.31) ^a
	² D	0.80 (0.28) ^A	1.23 (0.47) ^a	2.08 (0.32) ^a
COCCINELLIDAE	⁰ D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.67 (0.21) ^a
	¹ D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.67 (0.21) ^a
	² D	0.67 (0.21) ^A	0.83 (0.17) ^a	0.60 (0.28) ^a
POTENZIALI PARASSITI	⁰ D	1.17 (0.17) ^A	1.17 (0.17) ^a	1.00 (0.00) ^a
	¹ D	1.06 (0.06) ^A	1.17 (0.17) ^a	1.00 (0.00) ^a
	² D	1.03 (0.03) ^A	1.17 (0.17) ^A	1.00 (0.00) ^A

2.2.2. Effetti dell'inerbimento sul controllo dei patogeni

La peronospora (*Plasmopara viticola*), l'oidio (*Uncinula necator*) e la muffa grigia (*Botrytis cinerea*) sono le più devastanti malattie fungine della vite, riducono globalmente le rese circa del 12% (Velasquez-Camacho et al., 2023). Il

controllo delle malattie non può prescindere dall'utilizzo di mezzi chimici. Pertanto, ampi programmi a base di fungicidi sono applicati in tutto il mondo per mantenere i livelli di malattie al minimo. I fungicidi vengono solitamente applicati in modo preventivo, richiedendo più trattamenti per stagione. La viticoltura, infatti, è un settore con uno dei più alti tassi di utilizzo di fungicidi, con un'applicazione annua stimata di 19,5 Kg/ha di principi attivi. Tali livelli di applicazione aumentano il rischio che i funghi sviluppino resistenza facendo diventare così inefficaci i principi attivi dei fungicidi (Kunova et al., 2021).

Uno studio di Abad et al. (2021) che raccoglie e confronta più sperimentazioni, riporta che la connessione che potrebbe intercorrere tra inerbimento e malattie della vite riguarderebbe la competizione che si instaura tra coltura di copertura e vite. Questa competizione limita lo sviluppo vegetativo della vite e promuove l'arieggiamento, diminuendo l'incidenza delle malattie fungine. Sempre questo studio riporta come nei casi presi in esame l'impiego di inerbimento diminuisca l'incidenza della peronospora in 2 casi su 3, risulti ininfluenza nell'unico caso in cui si è studiato l'odio e risulti ininfluenza o diminuisca l'incidenza nell'80% negli studi sulla botrytis.

Valdés-Gómez et al. (2011) ha confrontato l'incidenza della peronospora su due vigneti inerbiti (perenni vs. annuale) e due parcelle di controllo trattate con erbicidi (concimati e irrigati vs. non concimati e non irrigato) a Montpellier. Gli autori hanno osservato che l'incidenza della peronospora era più alta nei terreni nudi fertilizzati e irrigati, ma leggermente ridotto in terreni nudi senza fertilizzazione e pratiche di irrigazione. Entrambi i trattamenti delle colture di copertura hanno mostrato una notevole diminuzione dell'incidenza della malattia, con risultati migliori nel caso di un inerbimento perenne nel suo secondo anno di applicazione.

2.2.3 Effetti dell'inerbimento sulla vigoria, produttività della vite e qualità dell'uva

L'inerbimento influenza, sebbene ci siano differenze nei diversi areali viticoli dovute da diverse situazioni pedoclimatiche, le caratteristiche vegetative, la produttività della vite e di conseguenza la qualità dell'uva e del mosto.

L'inerbimento sia spontaneo che artificiale, di norma, provoca rispetto alle tradizionali lavorazioni una riduzione del vigore della pianta e del livello di

produttività. L'allungamento dei germogli quindi, è condizionato dalle modalità di gestione dei suoli, infatti, nei vigneti inerbiti il loro ritmo di crescita è più ridotto (Saladino, 2011).

Questa riduzione di vigoria, causata dalla competizione per acqua e nutrienti tra colture di copertura e vite, è da valutarsi positiva se consente un più equilibrato sviluppo della chioma e sufficiente crescita di superficie fogliare.

Muscas et al. (2017) hanno confrontato vigoria e produttività della vite su quattro differenti parcelle, di cui tre inerbite (inerbimento naturale, inerbimento con graminacee e inerbimento con leguminose) e una lavorata convenzionalmente. Per valutare la vigoria hanno analizzato due differenti parametri: numero di germogli per vite e peso del legno di potatura. Lo studio, durato tre anni, non mostra sostanziali differenze riguardo il numero di germogli per vite (Tabella 4a). Nel caso del peso del legno di potatura (Tabella 4b) invece, si evidenzia una riduzione nelle parcelle inerbite ed in particolare modo in quella inerbita con graminacee in tutti e tre gli anni.

Tabella 4a. Numero di germogli per vite (n° Germogli/vite). ST=lavorazione convenzionale; NC=copertura naturale; GM=copertura con graminacee; LM=copertura con leguminose. (Fonte: Muscas et al.2017)

ANNO	ST	NC	GM	LM
2013	9.8 ± 1.4	10.4 ± 1.2	9.9 ± 1.4	10.5 ± 0.9
2014	9.3 ± 1.2	9.1 ± 0.6	9.3 ± 0.9	10.6 ± 0.9
2015	10.5 ± 0.6	9.7 ± 1.2	9.7 ± 0.8	9.2 ± 1.3

Tabella 4b. Peso del legno di potatura (Kg/vite). ST=lavorazione convenzionale; NC=copertura naturale; GM=copertura con graminacee; LM=copertura con leguminose. (Fonte: Muscas et al.2017)

ANNO	ST	NC	GM	LM
2013	1.04 ± 0.19 a	1.00 ± 0.13 a	0.85 ± 0.18 b	1.06 ± 0.16
2014	0.80 ± 0.14 a	0.62 ± 0.07 b	0.52 ± 0.09 c	0.68 ± 0.11
2015	1.05 ± 0.04 a	0.97 ± 0.25 b	0.72 ± 0.22 c	0.93 ± 0.20

Nello studio di Muscas et al (2017) viene analizzato inoltre l'andamento della produttività e l'equilibrio vegeto produttivo tramite l'indice di Ravaz. La produttività cambia in modo significativo a seconda dei trattamenti. Come riportato in tabella 5, escluso il primo anno, la parcella lavorata convenzionalmente risulta più produttiva delle altre tre. Analizzando i diversi tipi di inerbimenti invece, si nota che la copertura di graminacee riduce considerevolmente la produzione rispetto agli altri due inerbimenti.

Tabella 5. Sono riportati i Kg di uva prodotti per pianta. ST=lavorazione convenzionale; NC=copertura naturale; GM=copertura con graminacee; LM=copertura con leguminose. . (Fonte: Muscas et al.2017)

ANNO	ST	NC	GM	LM
2013	5.7±0.6	6.3±0.4	4.2±0.2	5.7±0.6
2014	3.6±0.5	2.7±0.5	2.0±0.3	2.6±0.7
2015	4.9±0.4	3.6±0.3	3.0±0.3	3.6±0.4

L'equilibrio vegeto/produttivo infine cambia in modo rilevante solo in base all'anno e non alle diverse lavorazioni, come riportato in tabella 6.

Tabella 6. Indice di Ravaz (Kg uva per pianta/ Kg legno di potatura).

ST=lavorazione convenzionale; NC=copertura naturale; GM=copertura con graminacee; LM=copertura con leguminose

ANNO	ST	NC	GM	LM
2013	5.5±1.0	6.3±0.6	4.9±0.7	5.4±0.9
2014	4.4±0.5	4.3±1.1	3.8±0.9	3.8±0.4
2015	4.7±0.3	3.7±0.3	4.2±0.5	3.9±0.4

In considerazione della qualità dell'uva Saladino (2011) riferisce che in studi riguardanti Prugnolo in zona Brunello di Montalcino si nota che il tenore zuccherino e la concentrazione di acido tartarico tende ad aumentare nelle tesi inerbite (*Festuca arundinacea* e *Trifolium subterraneum*) mentre si nota una diminuzione di acido malico. Anche l'intensità colorante risulta maggiore nella tesi inerbite.

Abad et al. (2021) riportano che nel 68% dei casi (30 su 44) non c'è un cambiamento di tenore zuccherino tra tesi inerbite e non inerbite. Inoltre,

riferiscono che in 3 studi su 8 si evidenzia un aumento di antociani mentre in 4 studi su 7 non si notano differenze su fenoli totali, in 2 due si riscontra un aumento e in uno solo si indica una diminuzione.

2.3. Effetti sull'ambiente

2.3.1 Effetti dell'inerbimento sulle emissioni di CO₂ e N₂O

I gas serra maggiormente responsabili del cambiamento climatico sono l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O), che contribuiscono rispettivamente per il 76%, 16% e 6% al potenziale di riscaldamento globale (Victor et al., 2014). Il settore primario non può che avere un ruolo di primo piano visto che il 37% della superficie terrestre è occupato da terreni agricoli. Rispettivamente il 52% e l'84% delle emissioni di CH₄ e N₂O di origine antropica sono conseguenza dell'agricoltura. I suoli agricoli inoltre possono fungere anche da fonte o bacino di CO₂, ma il flusso netto è piccolo. Molte lavorazioni però possono mitigare le emissioni di gas serra, le più importanti delle quali sono il miglioramento della gestione dei terreni coltivati (Smith et al., 2008).

Le colture di copertura sono state a lungo suggerite per la loro capacità di fissare l'N atmosferico, ridurre la lisciviazione di N e aumentare il sequestro di C atmosferico (kaye et al., 2017). Questo però non basta. Il 98% delle emissioni dei così detti “*greenhouse gases*” proviene dall'utilizzo di carburanti ed elettricità. È compresa anche l'energia elettrica perché dal 1970 ad oggi le emissioni globali sono aumentate del 75% e la principale fonte di gas serra è proprio la produzione di energia con il 34% (Longbottom et al., 2015).

L'inerbimento potrebbe migliorare la situazione in tutti i campi sopracitati. Questo perché le colture di copertura composte da leguminose sono in grado di fissare l'azoto atmosferico (N₂) riducendolo in ione ammonio (NH₄⁺) nei noduli radicali (Castellano-Hinojosa et al., 2020).

L'N presente nel terreno sotto forma di nitrato (NO₃⁻) è invece soggetto a lisciviazione. Questo processo avviene a causa della solubilità di questa molecola in acqua che ne causa la perdita a seguito dei suoi movimenti in profili di suolo non più utili per la coltivazione. L'inerbimento può contrastare questo fenomeno in due modi: assorbendo direttamente l'NO₃ riducendone la concentrazione nella

soluzione oppure assorbendo acqua diminuendone quindi il flusso attraverso i profili del suolo. È stato osservato che molte colture da reddito non rimuovono né acqua né NO₃ dalla raccolta/vendemmia fino allo sviluppo della chioma nella primavera successiva. L'inerbimento riduce la perdita di NO₃⁻ annuale perché estende il periodo di assorbimento attivo di acqua e NO₃. Le riduzioni delle perdite di NO₃⁻ ad opera delle colture di copertura invernali, come mostrato in tabella 7, vanno dal 6% al 94% (kaspar e Singer, 2011).

Tabella 7. Raccolta di studi riguardanti le perdite di azoto ad opera della lisciviazione. (Fonte: kaspar e Singer, 2011)

STUDIO	LUOGO	INERBIMENTO	RIDUZIONE LISCIVIAZIONE N
Jones, 1942	Alabama	Avena	81%
Jones, 1942	Alabama	Veccia pelosa	6%
Chapman et al. 1949	California	Senape nera	80%
Chapman et al. 1949	California	Veccia viola	30%
Martinez and Guirard, 1990	France	Loietto	63%
Staver and Brinsfield, 1990	Maryland	Segale	77%
Staver and Brinsfield, 1998	Maryland	Segale	80%
McCracken et al., 1994	Kentucky	Segale	94%
McCracken et al., 1994	Kentucky	Veccia pelosa	48%
Wyland et al., 1996	California	Segale	65–70%
Brandi-Dohrn et al., 1997	Oregon	Segale	32–42%
Ritter et al., 1998	Delaware	Segale	30%
Rasse et al., 2000	Michigan	Segale	28–68%
Strock et al., 2004	Minnesota	Segale	13%
Kladivko et al., 2004	Indiana	Grano invernale + meno fertilizzante	61%
Kaspar et al., 2007	Iowa	Segale	61%

Come già visto nei capitoli precedenti, infine, le colture di copertura possono essere una grande fonte di stoccaggio della CO₂.

Per quanto riguarda la diminuzione dell'utilizzo di fonti d'energia fossili l'inerbimento può aiutare aumentando la tempestività d'intervento in alcune situazioni climatiche oppure diminuendo il numero d'interventi se si intraprende la via di una gestione più conservativa del suolo. La grande differenza però viene fatta dall'agricoltore, dall'attrezzatura a sua disposizione e dal tipo di lavorazioni che decide di eseguire.

3. CONCLUSIONI

Questa tesi è stata pensata con lo scopo di esporre gli effetti dell'inerbimento sull'agroecosistema vigneto. La ricerca è stata svolta attraverso l'esame di studi riguardanti la relazione di diverse colture di copertura con il suolo, il vigneto e l'ambiente nel loro insieme. Complessivamente è emerso che l'applicazione dell'inerbimento, se gestito in modo adeguato, può supportare efficacemente la coltura da reddito andando a mitigare molte delle problematiche ambientali di cui è causa l'agricoltura. Nei confronti dell'ecosfera suolo si evidenzia: la riduzione dell'erosione, la diminuzione del compattamento, l'aumento del contenuto di sostanza organica, il miglioramento della microfauna e la riduzione della lisciviazione dei nitrati. La relazione con la vite invece si traduce in una riduzione degli attacchi patogeni, un aumento di concentrazione di insetti predatori, minor vigoria della chioma, minor produttività e diversa qualità dell'uva e del vino. In questo ultimo caso però non sempre questi cambiamenti risultano positivi. Per ultimo si è analizzato il rapporto inerbimento-ambiente dove si nota che questa tecnica può contribuire positivamente a limitare il rilascio dei gas serra. Tutti questi risultati sono sostenuti da diversi studi ma non si nega la necessità di ulteriori e nuovi approfondimenti e studi. L'obiettivo non è stato completamente raggiunto per mancanza di dati riguardanti il settore vitivinicolo italiano. Comunque, l'applicazione di questa pratica nei sistemi vitivinicoli ha elevate potenzialità e rimane un campo di ricerca di significativo interesse.

4. BIBLIOGRAFIA

- Abad, J., de Mendoza, I. H., Marín, D., Orcaray, L., & Santesteban, L. G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *Oeno One*, 55(2), 1-27.
- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., ... & Smith, P. (2019). A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global change biology*, 25(8), 2530-2543.
- Adetunji, A. T., Ncube, B., Mulidzi, R., & Lewu, F. B. (2020). Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research*, 204, 104717.
- Ajassa, R., Caviglia, C., Destefanis, E., Mandrone, G., & Masciocco, L. (2013). Valutazione dell'erosione nel territorio del Freisa del Piemonte centrale (provincia di Asti). *GEOLOGIA DELL'AMBIENTE*, 9-13.
- Blanco-Canqui, H. (2018). Cover crops and water quality. *Agronomy Journal*, 110(5), 1633-1647.
- Blanco-Canqui, H., Mikha, M. M., Presley, D. R., & Claassen, M. M. (2011). Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 75(4), 1471-1482.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A., & Hergert, G. W. (2015). Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agronomy journal*, 107(6), 2449-2474.
- Castellano-Hinojosa, A., & Strauss, S. L. (2020). Impact of cover crops on the soil microbiome of tree crops. *Microorganisms*, 8(3), 328.
- COORDINATORE, R. P., AM, C., STRINGI, L., GIAMBALVO, D., DI MICELI, G., & CORAMUSI, A. (2004). Comportamento delle specie da inerbimento in diversi contesti ambientali: ambienti prevalentemente mediterranei.
- Fitter, A. H., Gilligan, C. A., Hollingworth, K., Kleczkowski, A., Twyman, R. M., Pitchford, J. W., & Members of the Nerc Soil Biodiversity Programme. (2005). Biodiversity and ecosystem function in soil. *Functional Ecology*, 19(3), 369-377.
- Gonçalves, F., Carlos, C., Crespo, L., Zina, V., Oliveira, A., Salvação, J., ... & Torres, L. (2021). Soil Arthropods in the douro demarcated region vineyards: general characteristics and ecosystem services provided. *Sustainability*, 13(14), 7837.
- Gougoulias, C., Clark, J. M., & Shaw, L. J. (2014). The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 2362-2371.

- Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H., & Kandeler, E. (2019). Hidden miners—the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and Soil*, *434*, 7-45.
- Hansen, N. C., Allen, B. L., Baumhardt, R. L., & Lyon, D. J. (2012). Research achievements and adoption of no-till, dryland cropping in the semi-arid US Great Plains. *Field Crops Research*, *132*, 196-203.
- Haruna, S. I. (2019). Influence of winter wheat on soil thermal properties of a Paleudalf. *International Agrophysics*, *33*(3), 389-395.
- Haruna, S. I., Anderson, S. H., Udawatta, R. P., Gantzer, C. J., Phillips, N. C., Cui, S., & Gao, Y. (2020). Improving soil physical properties through the use of cover crops: A review. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, *3*(1), e20105.
- Kaspar, T. C., & Singer, J. W. (2011). The use of cover crops to manage soil. *Soil management: Building a stable base for agriculture*, 321-337.
- Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, *37*, 1-17.
- Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*.
- Kunova, A., Pizzatti, C., Saracchi, M., Pasquali, M., & Cortesi, P. (2021). Grapevine powdery mildew: Fungicides for its management and advances in molecular detection of markers associated with resistance. *Microorganisms*, *9*(7), 1541.
- Longbottom, M. L., & Petrie, P. R. (2015). Role of vineyard practices in generating and mitigating greenhouse gas emissions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *21*, 522-536.
- McGarry, D. (2003). Tillage and soil compaction. *Conservation agriculture: Environment, farmers experiences, innovations, socio-economy, policy*, 307-316.
- Mennan, H., Jabran, K., Zandstra, B. H., & Pala, F. (2020). Non-chemical weed management in vegetables by using cover crops: A review. *Agronomy*, *10*(2), 257.
- 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 & Environment*, *237*, 203-212.
- Nawaz, M. F., Bourrie, G., & Trolard, F. (2013). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for sustainable development*, *33*, 291-309.
- Nikitin, D. A., Semenov, M. V., Chernov, T. I., Ksenofontova, N. A., Zhelezova, A. D., Ivanova, E. A., ... & Stepanov, A. L. (2022). Microbiological indicators of soil ecological functions: a review. *Eurasian Soil Science*, *55*(2), 221-234.
- Paiola, A., Assandri, G., Brambilla, M., Zottini, M., Pedrini, P., & Nascimbene, J. (2020). Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and

delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of the total environment*, 706, 135839.

Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., ... & Jensen, E. S. (2009). The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48, 1-17.

Sáenz-Romo, M. G., Veas-Bernal, A., Martínez-García, H., Ibáñez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., Campos-Herrera, R., ... & Pérez-Moreno, I. (2019). Effects of ground cover management on insect predators and pests in a Mediterranean vineyard. *Insects*, 10(12), 421.

Saladino, S. S. (2011). Incremento della fertilità dei suoli come conseguenza di pratiche colturali per la gestione sostenibile dei vigneti in climi semi-aridi. *Università degli Studi di Palermo. Dottorato di ricerca in Tecnologie per la sostenibilità ed il risanamento ambientale*, 23.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., ... & Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789-813.

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.

Velasquez-Camacho, L., Otero, M., Basile, B., Pijuan, J., & Corrado, G. (2023). Current Trends and Perspectives on Predictive Models for Mildew Diseases in Vineyards. *Microorganisms*, 11(1), 73.

Victor, D.G., Zhou, D., Ahmed, E.H.M., Dadhich, P.K., Olivier, J.G.J., Rogner, H.-H., Sheikho, K. and Yamaguchi, M. (2014) Introductory chapter. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., Stechow, C., von Zwickel, T. and Minx, J.C., eds. *Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press: Cambridge, England) pp. 111–150

Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J. R., & Hart, M. (2016). Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-14.

Wilson, H., & Daane, K. M. (2017). Review of ecologically-based pest management in California vineyards. *Insects*, 8(4), 108.

Zablotowicz, R. M., Locke, M. A., & Gaston, L. A. (2007). Tillage and cover effects on soil microbial properties and fluometuron degradation. *Biology and fertility of soils*, 44, 27-35.