



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E
AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

INERBIMENTO DEL VIGNETO CON SPECIE
LEGUMINOSE: RISULTATI SULLA CAPACITÀ
VEGETO-PRODUTTIVA E QUALITATIVA
DELLE VITI

COVER CROPPING OF VINEYARDS WITH
LEGUMINOUS SPECIES: RESULTS ON THE
VEGETATIVE-PRODUCTIVE AND QUALITY
CAPACITY OF VINES

TIPO TESI: compilativa

Studente:

DAVIDE CARINGOLA

Relatore:

PROF. VANIA LANARI

Correlatore:

DOTT. LUCA PALLOTTI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

SOMMARIO

SOMMARIO	3
ELENCO DELLE TABELLE.....	4
ELENCO DELLE FIGURE	5
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	6
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	7
CAPITOLO 1 LEGUMINOSE COME COPERTURE ERBACEE: UNA GESTIONE DEL SUOLO SOSTENIBILE	8
1.1 Gestione del suolo.....	8
1.2 Leguminose e Azoto	9
1.3 Effetti generali delle coperture erbacee.....	10
CAPITOLO 2 EFFETTI E BENEFICI DELLE LEGUMINOSE IN VIGNETO.....	12
2.1 Effetti sulle quantità azotate e ripercussioni vegetative su viti con copertura erbacea di leguminose.....	12
2.1.1 Effetti sulle quantità di azoto (N) nel suolo	12
2.1.2 Ripercussioni vegetative su viti con copertura erbacea di leguminose.....	16
2.2 Ripercussioni produttive delle viti con copertura vegetale di leguminose.....	20
2.3 Ripercussioni sulla qualità delle uve e dei mosti di viti con copertura vegetale di leguminose.....	24
CONCLUSIONI	30
BIBLIOGRAFIA	33
SITOGRAFIA.....	37

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 2.1: Determinazioni della concentrazione e del contenuto di N nella biomassa superficiale e radicale della vite coltivata con o senza colture di copertura delle leguminose nel periodo 2006-2007 (Fonte: Ovalle et al., 2010).....	16
Tabella 2.2: Produzione totale di biomassa delle coperture erbacee (Fonte: Pou et al., 2011)	17
Tabella 2.3: Sostanza secca (DM) fuori terra e contenuto di N dalle colture di copertura delle leguminose in un vigneto insediato in un terreno granitico, in due stagioni vegetative (Fonte: Ovalle et al., 2010)	21
Tabella 2.4: Caratteristiche della resa di Manto negro sottoposto a diverse gestioni del suolo: peso medio dei grappoli, resa in uva e numero di grappoli per vite (Fonte: Pou et al., 2011)	22
Tabella 2.5: Valori medi di produzione di uva per pianta (YGP) secondo diverse pratiche di gestione del suolo nei tre anni di sperimentazione (Fonte: Susaj et al., 2013)	23
Tabella 2.6: Caratteristiche qualitative del mosto di Manto negro sottoposto a diverse gestioni del suolo (Fonte: Pou et al., 2011)	25
Tabella 2.7: Componenti della qualità del mosto in diversi vitigni (Fonte: Abad et al., 2021)	26
Tabella 2.8: Valori medi della resa stimata e dei parametri di qualità della produzione e densità delle infestanti secondo diverse pratiche di gestione del suolo (Fonte: Susaj et al 2013)	29

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1.1. Ciclo dell'azoto (Fonte: Fowler D. et al., 2013)	9
Figura 1.2. Presenza di lombrichi come indice di un buon quantitativo di sostanza organica nel suolo (Fonte: Bechini et al, 2020)	11
Figura 2.1: Quantità di azoto minerale nel suolo sotto miscugli di coperture erbacee (IC) e colture singole (SC), misurate alla data di distruzione delle coperture nei tre i siti (Auzville A; Bignan B; Lione C) (Fonte: Tribouillois et al., (2015).	14
Figura 2.2: Andamento stagionale della fotosintesi netta (AN) e della conduttanza stomatica (Gs) delle viti nei tre anni sperimentali per i tre trattamenti (PM: miscela perenne; NT: nessuna lavorazione; TT: lavorazione tradizionale) (Fonte: Pou et al., 2011).	18
Figura 2.3: Produzione di sostanza secca (g per pianta) della vite coltivate con o senza copertura erbacea nel 2006-2007 (Fonte: Ovalle et al., 2010).....	21

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

AN	ASSIMILAZIONE NETTA
APA	AZOTO PRONTAMENTE ASSIMILABILE
CA	CONCENTRAZIONE DI ANIDRIDE CARBONICA A LIVELLO ATMOSFERICO
CI	CONCENTRAZIONE DI ANIDRIDE CARBONICA A LIVELLO FOGLIARE
DM	SOSTANZA SECCA
EMC	TRATTAMENTO CON LEGUMINOSE A MATURAZIONE PRECOCE
Gs	CONDUTTANZA STOMATICA
LA	AREA FOGLIARE
LMC	TRATTAMENTO CON LEGUMINOSE A MATURAZIONE TARDIVA
N	AZOTO
NH ₃	AMMONIACA
NO ₂ ⁻	IONE NITRITO
NO ₃ ⁻	IONE NITRATO
NT	TRATTAMENTO NO-TILL, SENZA LAVORAZIONI
PM	TRATTAMENTO CONTENENTE MISCUGLIO DI ERBE PERENNI E LEGUMINOSE
SMN	AZOTO MINERALE NEL SUOLO
TA	ACIDITÀ TITOLABILE
TSS	SOLIDI SOLUBILI TOTALI
TT	TRATTAMENTO DI LAVORAZIONE TRADIZIONALE DEL TERRENO
YAN	AZOTO ASSIMILABILE DAL LIEVITO
YGP	PRODUZIONE DI UVA PER PIANTA

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Negli ultimi anni, l'adozione di pratiche agricole sostenibili è diventata una priorità sempre più diffusa in diversi settori, e la viticoltura non fa eccezione. In particolare, una delle pratiche che sta guadagnando attenzione è l'inerbimento del vigneto con leguminose. Questa tecnica prevede l'introduzione di piante leguminose lungo l'interfilare delle viti, con l'obiettivo di migliorare la gestione del suolo, ridurre l'erosione, promuovere la biodiversità all'interno del vigneto e migliorare le prestazioni della vite a livello vegeto-produttivo e qualitativo (soprattutto in termini di azoto prontamente assimilabile o APA). Le leguminose, infatti, hanno la capacità di fissare l'azoto atmosferico, contribuendo così a migliorare la fertilità del terreno senza l'uso di fertilizzanti chimici. Lo stesso azoto rimane a disposizione per le viti che lo assorbono traslocandolo verso i grappoli. Infatti, in alcuni studi è stato dimostrato che le leguminose, oltre a migliorare le condizioni del suolo, potrebbero avere effetti positivi anche sullo sviluppo dei grappoli e sul profilo sensoriale dei vini, grazie alla gestione equilibrata dei nutrienti e alla riduzione dello stress idrico.

L'inerbimento con leguminose potrebbe rappresentare una soluzione vantaggiosa per i viticoltori, permettendo di migliorare la sostenibilità della coltivazione senza compromettere la qualità e la quantità della produzione. Inoltre, con l'attenzione crescente verso l'agricoltura biologica e l'uso ridotto di prodotti chimici, è fondamentale comprendere a fondo gli effetti di queste pratiche sulla gestione dei vigneti.

Capitolo 1

LEGUMINOSE COME COPERTURE ERBACEE: UNA GESTIONE DEL SUOLO SOSTENIBILE

1.1 Gestione del suolo

La gestione del suolo nei vigneti gioca un ruolo fondamentale non solo per la conservazione della fertilità e la protezione dell'ambiente, ma anche per mantenere un equilibrio ottimale tra la crescita vegetativa e la produzione delle viti. Questo equilibrio è essenziale per garantire rese stabili e ottenere uve di alta qualità. In Italia, le tecniche di gestione del suolo si sono evolute nel tempo, passando da pratiche tradizionali, orientate principalmente al controllo delle infestanti, a soluzioni più moderne che privilegiano la meccanizzazione, e più recentemente, l'ottimizzazione dei costi di produzione e la tutela dell'ambiente.

Storicamente, la viticoltura si è basata su lavorazioni superficiali del terreno, con l'obiettivo di rimuovere la vegetazione spontanea e di assicurare che l'acqua piovana fosse assorbita esclusivamente dalle viti. Tuttavia, negli anni '60, alcune sperimentazioni nel settore vitivinicolo, in particolare nel Nord Italia, hanno introdotto l'inerbimento come tecnica alternativa di gestione. I risultati positivi di questi esperimenti hanno portato a una crescente diffusione dell'inerbimento, che ha guadagnato sempre più attenzione, soprattutto per i benefici ambientali e la riduzione dei consumi energetici, supportati anche dalle politiche europee. Oggi, la gestione del suolo nei vigneti può avvenire attraverso diverse tecniche, tra cui l'uso di trattamenti meccanici, diserbanti chimici, pacciamatura, e metodi alternativi di diserbo, oltre all'impiego di coperture vegetali. L'inerbimento, che prevede la copertura del terreno con vegetazione erbacea gestita tramite sfalcatura o trinciatura, si propone come un'alternativa alle lavorazioni tradizionali. L'inerbimento può essere naturale, se spontaneo, o artificiale, quando seminato e gestito dall'uomo. Inoltre, può essere permanente, con vegetazione che rimane sul terreno per tutto l'anno, oppure temporaneo, limitato a periodi specifici. In particolare, l'inerbimento artificiale, che spesso integra leguminose, sia come coltura singola che in miscele con altre specie, è di particolare interesse per i vantaggi che queste piante apportano al suolo, migliorando la fertilità e supportando la salute del vigneto (Palliotti et al., 2018).

1.2 Leguminose e Azoto

Le leguminose che possono essere utilizzate per l'inerbimento sono la soia, fagioli, fava (*Vicia faba*), trifoglio rosso (*Trifolium pratense*), il lupino (*Lupinus spp*), etc. In generale le leguminose vengono usate come copertura erbacea anche per la loro capacità di entrare in simbiosi con batteri azotofissatori dei generi *Azotobacter*, *Clostridium* e *Rhizobium*. In particolare, i simbionti appartenenti alla specie *Rhizobium leguminosarum* entrano in interazione con le radici delle leguminose. Il processo di azotofissazione (Figura 1.1), è un processo attraverso il quale l'azoto N_2 viene reso disponibile per le piante, in quanto è inerte e non direttamente disponibile per la maggior parte degli organismi. Viene infatti trasformato in ammoniaca (NH_3) o composti simili da batteri azotofissatori. Questi batteri possono essere simbiotici, vivendo in noduli sulle radici delle leguminose o liberi nel suolo. La fissazione avviene attraverso l'enzima *nitrogenasi* che svolge il processo di nitrificazione producendo ammoniaca (NH_3) poi parzialmente trasformata in nitriti (NO_2^-) e poi in nitrati (NO_3^-) da batteri nitrificanti. Questo passaggio è importante in quanto i nitrati sono facilmente assorbiti dalle piante che li utilizzano per la sintesi di aminoacidi, proteine altre molecole contenenti azoto (Fowler et al., 2013).

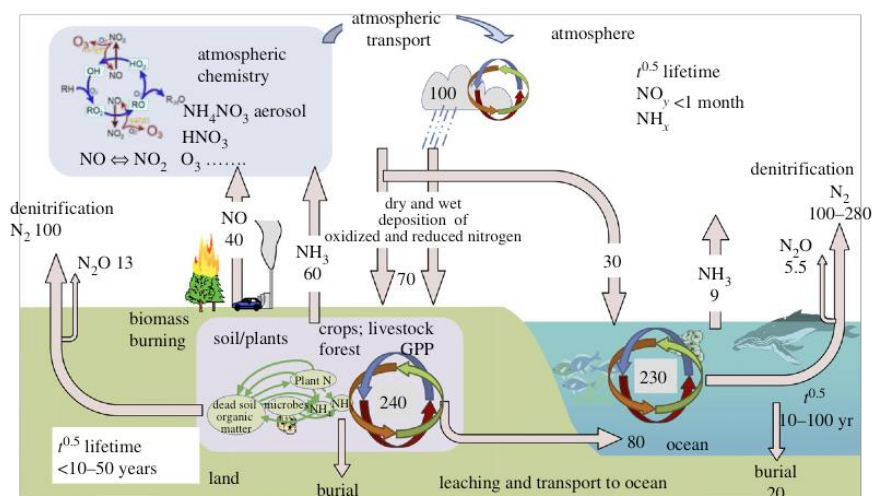


Figura 1.1. Ciclo dell'azoto (Fonte: Fowler et al., 2013)

L'azoto ammoniacale NH_3 è parzialmente trattenuto nel terreno, ma il suo contenuto tende a diminuire per l'assorbimento, evaporazione, ma anche per nitrificazione con produzione di azoto nitrico che non viene trattenuto nel terreno e quindi soggetto a lisciviazione. Per questi motivi è fondamentale fornire alle piante le giuste quantità di azoto per soddisfare i loro fabbisogni, tenendo sempre presente di non eccedere con le quantità, dato che, ad esempio,

nella vite, un eccesso di azoto può risultare dannoso, inducendo: ritardo nelle fasi fenologiche, minore resistenza alle avversità (sia di natura biotica che abiotica), maggiori consumi idrici per l'eccessivo sviluppo vegetativo con conseguente abbassamento qualitativo delle uve. Rispetto agli accessi, le carenze di azoto rivestono un'importanza maggiore, dato che causano problemi come: basse produzioni, vegetazione stentata, anticipo della maturazione, scarsa qualità del mosto e fermentazione alcolica difficoltosa (Palliotti et al., 2018).

1.3 Effetti generali delle coperture erbacee

In generale, la copertura erbacea dei suoli, a prescindere dalla tipologia, comporta vantaggi relativamente a:

1. miglioramento delle qualità fisiche del suolo: le coperture erbacee riducono l'erosione superficiale del suolo e il suo compattamento, migliorandone la struttura. Inoltre, il loro apparato radicale favorisce la formazione di aggregati che promuovono una maggiore attività microbica, con conseguente miglioramento della struttura del terreno, agendo anche a livello della permeabilità aumentando la velocità di penetrazione dell'acqua (Bechini et al., 2020).
2. incremento della sostanza organica (Figura 1.2): dovuto alla presenza di biomassa prodotta dalla specie vegetali presenti, che diventa un substrato utile per i microrganismi presenti nel suolo e, grazie alla loro attività di decomposizione, producono sostanza organica utile (Bechini et al., 2020).



Figura 1.2. Presenza di lombrichi come indice di un buon quantitativo di sostanza organica nel suolo (Fonte: Bechini et al, 2020)

3. apporto maggiore di nutrimento: come detto anche precedentemente, durante la loro crescita, le essenze erbacee contenenti leguminose assorbono azoto e altri nutrienti impedendone la lisciviazione e l'insolubilizzazione, per poi restituirli al terreno in forma organica (Bechini et al., 2020).

4. contenimento delle piante infestanti: la presenza delle colture erbacee ha un ruolo importante anche nella gestione delle malerbe, sia per una competizione interspecifica legata allo spazio e alle risorse, sia per la produzione di sostanze allelopatiche (sostanze chimiche che sono in grado di inibire lo sviluppo nella zona di crescita delle piante che le produce) (Abad et al., 2021).

Capitolo 2

EFFETTI E BENEFICI DELLE LEGUMINOSE IN VIGNETO

Una copertura erbacea di leguminose in vigneto genera ripercussioni relative a sviluppo vegetativo, stato idrico, incidenza delle malattie, produzione e composizione delle uve (Abad et al., 2021).

2.1 Effetti sulle quantità azotate e ripercussioni vegetative su viti con copertura erbacea di leguminose

2.1.1 Effetti sulle quantità di azoto (N) nel suolo

L'impiego di leguminose come copertura erbacea contribuisce ad una maggiore quantità di N totale nel suolo, nonché di N minerale a causa del loro ruolo della fissazione atmosferica. L'utilizzo di specie erbacee appartenenti, invece, alla famiglia delle graminacee porta in genere ad una diminuzione dei livelli di N, diminuzione che si attesta attorno al 25% sia per quanto riguarda N totale che N minerale (Varga et al., 2012) e, proprio per questo motivo potrebbe risultare efficace effettuare un inerbimento costituito anche da leguminose. Il loro impiego ha, infatti, contribuito all'aumento di circa il 30% per quanto riguarda l'N totale e di quasi il 100% per quanto riguarda l'N minerale (Fourie et al., 2007).

L'importanza dell'N derivato dalle leguminose può essere un mezzo per sostituire o integrare le applicazioni annuali di fertilizzanti azotati alle viti. Le varie specie di leguminose da foraggio differiscono per la loro capacità di fissare N e per il contenuto di questo negli steli, nelle foglie e nelle radici (Ledgard e Steele, 1992) e di conseguenza le diverse essenze erbacee possono variare anche le quantità di N che potrebbero potenzialmente essere restituite al suolo.

In generale, si ritiene che la principale fonte di N disponibile per le piante, derivi dalla decomposizione e dalla mineralizzazione dei residui organici delle leguminose una volta terminato il ciclo vegetativo (Danso et al., 1993; Trannin et al., 2000; Fillery 2001).

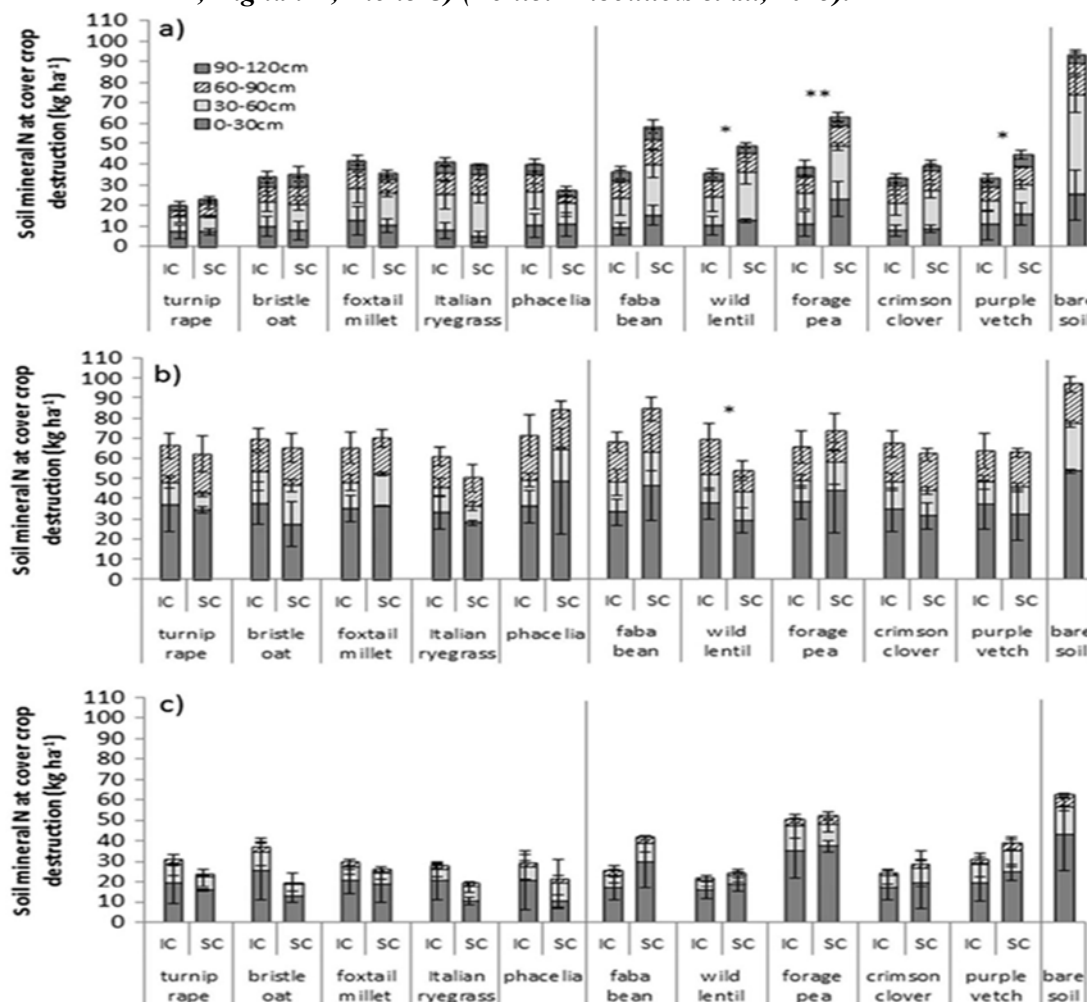
Lo studio condotto da Tribouillois et al., (2015), ha reso possibile valutare quelli che possono essere gli effetti di vari inerbimenti di essenze differenti, tra cui anche le leguminose,

sulle quantità di azoto disponibili per la coltura principale e gli effetti nella diminuzione della lisciviazione dell'N. La sperimentazione è stata condotta in tre siti differenti della Francia (Auzville, Bignan e Lione), da agosto a novembre 2021. Sono stati analizzati i comportamenti di varie di coperture erbacee, sia come colture singole, sia come miscele. I trattamenti utilizzati sono stati: dieci colture singole, di cui cinque leguminose e cinque non leguminose, venticinque miscele bispecifiche composte da una leguminosa e da una non leguminosa e alcuni appezzamenti a terreno nudo. Per la creazione di tali trattamenti sono state selezionate dieci specie: cinque leguminose (trifoglio cremisi, veccia purpurea, lenticchia selvatica, pisello da foraggio e fava) e cinque non leguminose.

I risultati ottenuti misero in evidenza la capacità di quasi tutte le miscele contenenti leguminose di fissare più azoto rispetto alle altre miscele prive di leguminose o a trattamenti di copertura caratterizzati dalla sola presenza di una specie non leguminosa. Questi risultati possono essere spiegati dalla simbiosi che si genera a livello radicale tra leguminose e batteri del genere *Rhizobium*. Quest'ultimi sono capaci di fissare N atmosferico. N che sarà poi contenuto all'interno dei tessuti della leguminosa e, tramite sfalci, se siamo di fronte ad una coltura perenne, la biomassa della leguminosa ricca di N, sarà incorporata al terreno e l'N contenuto in essa, mineralizzato e reso disponibile per la vite. Tra le leguminose usate nella sperimentazione, è stato osservato che inerbimenti contenenti la fava hanno mostrato una fissazione azotata superiore rispetto a quelli con presenza di pisello da foraggio o veccia viola, che a loro volta hanno contribuito ad una fissazione azotata superiore a coperture con trifoglio cremisi o lenticchia selvatica. Le prestazioni dei vari inerbimenti si diversificano anche sulla base delle caratteristiche pedoclimatiche di una determinata zona, infatti, nel sito di Lione, le coperture erbacee contenenti trifoglio cremisi hanno acquisito la maggior parte dell'azoto (Tribouillois et al., 2015). In tutti i siti, l'azoto minerale del suolo (SMN), misurato successivamente alla distruzione delle coperture erbacee, era di molto inferiore rispetto al suolo nudo (Figura 2.1). Presso il sito di Auzville, non sono state riscontrate delle differenze tra miscugli di specie erbacee rispetto alla coltura singola costituita da specie non leguminose, a causa delle scarse precipitazioni, o assenza di drenaggio o lisciviazione che hanno contribuito a ridurre l'SMN residuo nel suolo e portare a valori simili tra i miscugli con leguminose e colture singole non leguminose.

I risultati hanno confermato che gli inerbimenti bispecifici comprendenti leguminose, quando usate come sovescio, tendono ad essere più efficienti rispetto alle colture singole non leguminose e, di conseguenza, migliorerebbero le condizioni di crescita per la coltura successiva aumentando le disponibilità d'azoto (Tribouillois et al., 2015).

Figura 2.1: Quantità di azoto minerale nel suolo sotto miscugli di coperture erbacee (IC) e colture singole (SC), misurate alla data di distruzione delle coperture nei tre i siti (Auzville A; Bignan B; Lione C) (Fonte: Triboullot et al., 2015).



I simboli B^{} e B^{*} rappresentano differenze significative nell'N minerale del suolo nel profilo totale del suolo (somma di tutti gli strati) tra IC e SC rispettivamente a P < 0,10**

Inoltre, le miscele bispecifiche possono ridurre efficacemente la lisciviazione dei nitrati e produrre un efficiente servizio di colture intercalari, tuttavia, in alcuni casi, quando le leguminose sono molto favorite e riescono a fissare grandi quantità di azoto, come ad esempio è avvenuto nel sito di Lione, si può avere una rapida mineralizzazione dell'azoto dopo la distruzione delle colture erbacee a causa di un basso rapporto C: N (Quemada e Cabrera 1995; Kumar e Goh 2002). Queste condizioni potrebbero portare, in caso di abbondanti eventi piovosi alla lisciviazione di una grande quantità di nitrati.

Per concludere, si può dire che, inerbimenti con miscugli di leguminose e altre specie preservano l'N nel sistema suolo-coltura grazie alla fissazione dell'N atmosferico, operata dai batteri che instaurano rapporti simbiotici con le leguminose. Queste miscele portano quindi contemporaneamente a:

- i) Riduzione della lisciviazione dei nitrati.
- ii) Aumento del rilascio di N per la successiva coltura grazie alla mineralizzazione dei residui delle coperture.

Le relazioni interspecifiche che si instaurano all'interno degli inerbimenti costituiti da mix di specie erbacee permettono di poter utilizzare le combinazioni che meglio si adattano al caratteristico ambiente pedoclimatico aziendale.

Le miscele bispecifiche offrono un compromesso tra i due servizi ecosistemici di cattura dei nitrati e concimazione verde di N (Tribouillois et al., 2015).

In uno studio condotto da Ovalle et al., (2010), l'impiego di coperture contenenti leguminose, ha portato a chiari vantaggi nelle disponibilità di N. La sperimentazione è stata condotta in un vigneto di cinque anni di Cabernet sauvignon, in una zona vinicola cilena, in un arco di tempo compreso tra maggio 2005 e giugno 2007. I trattamenti messi a confronto sono stati: un controllo privo di copertura erbacea, una copertura basata su una mix di leguminose a maturazione precoce di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) e di *Medicago polymorpha* L. indicato con la sigla EMC, ed infine un trattamento di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum*) e trifoglio balansa (*Trifolium michelianum* Savi) a maturazione tardiva, indicato con la sigla LMC. Le disponibilità di N misurate al termine della seconda stagione, sono risultate più alte per entrambi i trattamenti, rispettivamente 8 e 9,1 g per pianta, in confronto alle quantità ottenute in viti senza trattamento, pari a 6,9 g per pianta (Tabella 2.1)

Tabella 2.1: Determinazioni della concentrazione e del contenuto di N nella biomassa superficiale e radicale della vite coltivata con o senza colture di copertura delle leguminose nel periodo 2006-2007 (Fonte: Ovalle et al., 2010).

Treatment	Leaves ^a	Canes	Fruit	Trunk	Roots	Total plant
N concentration (%)						
Control	1.85±0.22 a*	0.44±0.03 b	0.55±0.03 b	1.12±0.11 b	0.42±0.06 a	Nd
EMC	1.70±0.16 a	0.45±0.03 ab	0.64±0.06 a	1.13±0.20 b	0.58±0.13 a	Nd
LMC	2.02±0.28 a	0.47±0.02 a	0.70±0.07 a	1.36±0.10 a	0.51±0.13 a	Nd
N content (g plant ⁻¹)						
Control	2.41±0.31 a	0.49±0.04 a	0.61±0.22 b	2.12±0.21 b	1.29±0.01 b	6.92±0.68 b
EMC	2.15±0.35 a	0.52±0.04 a	1.06±0.16 a	2.30±0.23 b	2.00±0.02 a	8.03±0.74 a
LMC	2.81±0.39 a	0.56±0.42 a	1.25±0.12 a	2.85±0.27 a	1.62±0.02ab	9.09±1.22 a

Le medie (±SE) seguite da lettere diverse nella stessa colonna differiscono significativamente secondo il Test di Student (P≤0,05)

2.1.2 Ripercussioni vegetative su viti con copertura erbacea di leguminose

Molteplici studi hanno evidenziato la competizione che si va a creare tramite l'impiego di coperture erbacee per quanto riguarda le risorse come acqua e nutrienti. Sebbene i risultati siano contrastanti, alcuni studi suggeriscono che le viti sottoposte a trattamenti di cover crops potrebbero subire un maggiore stress idrico, mentre altri non riscontrano un aumento significativo di tale stress rispetto ai vigneti con suolo scoperto. In merito a ciò, possiamo citare lo studio condotto da Pou et al., (2011). La sperimentazione venne condotta per un totale di tre anni (2006, 2007 e 2008) in un vigneto biologico di 5 anni di Manto negro a Consell, a Maiorca centrale in Spagna. Nella prova sono stati valutati gli effetti di tre differenti trattamenti di gestione del suolo:

- i) Miscuglio di erbe perenni e leguminose (PM);
- ii) Assenza di lavorazione del terreno e copertura vegetale permanente di graminacee e leguminose (NT);
- iii) Lavorazione tradizionale del terreno (TT).

Dai risultati si evince che i trattamenti NT e PM hanno prodotto significativi aumenti della loro biomassa, suggerendo che gli inerbimenti possano competere con le viti per le risorse (Tabella 2.2). Nonostante ciò, i contenuti di materia organica del suolo, azoto e potassio non hanno mostrato variazioni significative rispetto ai valori iniziali. Per quanto riguarda la

competizione per le risorse idriche tra viti e coperture erbacee, vari studi hanno prodotto risultati contrastanti. Alcuni studi hanno documentato un maggiore stress idrico nelle viti coltivate con coperture erbacee (Morlat, 1987), altri invece hanno osservato che i vigneti con inerbimenti non sempre mostrano un maggiore stress idrico rispetto a quelli con suolo scoperto (Celette et al., 2005). Nonostante queste differenze, la coltivazione di coperture erbacee è stata spesso associata a una riduzione della vigoria della vite, che si traduce in una chioma più piccola e in un minore peso di potatura, come suggerito da Van Huyssteen (1990).

Ritornando allo studio condotto da Pou et al., (2011), i trattamenti hanno effettivamente ridotto la crescita della chioma, con valori di crescita più alti nel trattamento TT, rispetto ai trattamenti PM e NT. Questo effetto è stato probabilmente causato dalla maggiore disponibilità di acqua nel suolo nelle fasi iniziali della crescita delle viti, quando non veniva applicata irrigazione, come confermato dalla misurazione della conduttanza stomatica (Tabella 2.2).

Tabella 2.2: Produzione totale di biomassa delle coperture erbacee (Fonte: Pou et al., 2011)

Year	Treatment	Total biomass (g/m ²)
2006	PM	41.1 ^a ± 3.62
	NT	49.5 ^a ± 29.68
2007	PM	74.7 ^a ± 15.19
	NT	40.6 ^a ± 10.31
2008	PM	259.4 ^b ± 13.41
	NT	204.7 ^b ± 9.76

Le diverse lettere in apice indicano differenze statisticamente significative negli effetti del trattamento e dell'anno, secondo il Test di Student (P<0,05)

Sebbene le riduzioni nella lunghezza dei tralci e nell'area fogliare (Leaf area o LA) nelle viti sottoposte ai trattamenti non siano sempre risultate statisticamente significative, esse suggeriscono che viti e coperture competono per l'acqua del suolo nelle prime fasi del ciclo viticolo. Questa competizione ha portato ad uno stress idrico lieve nelle viti trattate con PM e NT, che è stato manifestato da un abbassamento del potenziale idrico fogliare e da una riduzione della conduttanza stomatica soprattutto durante la fase di fioritura (Figura 2.2)

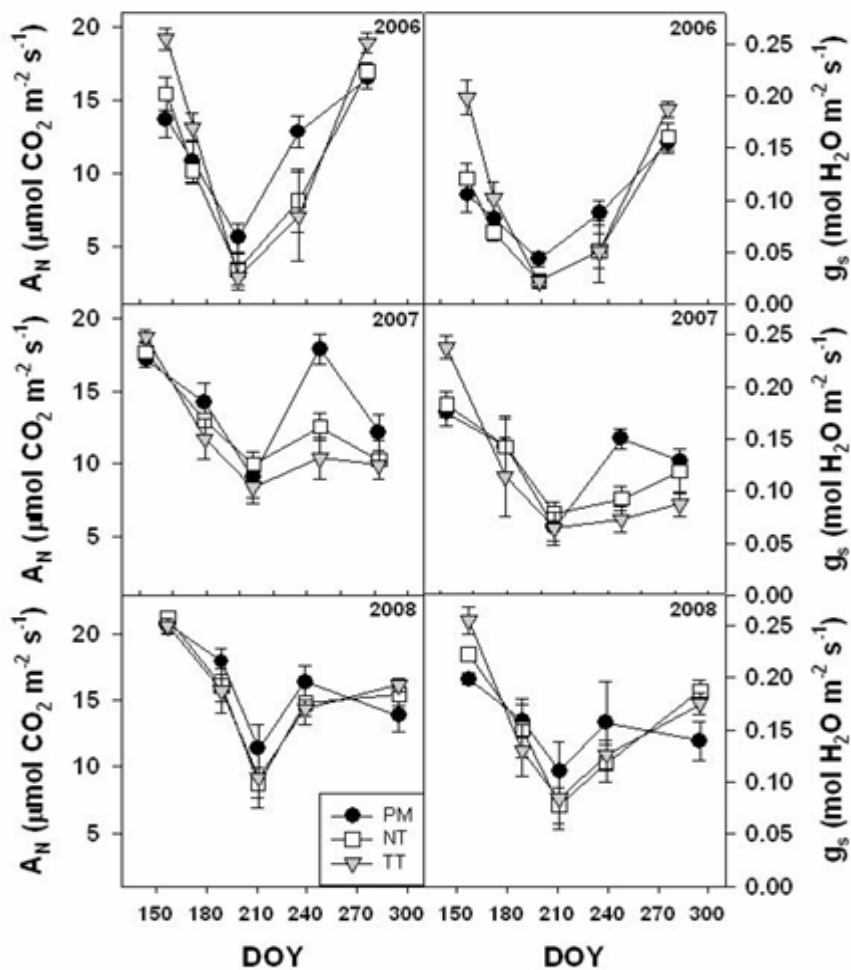


Figura 2.2: Andamento stagionale della fotosintesi netta (A_N) e della conduttanza stomatica (G_s) delle viti nei tre anni sperimentali per i tre trattamenti (PM: miscela perenne; NT: nessuna lavorazione; TT: lavorazione tradizionale) (Fonte: Pou et al., 2011).

In aggiunta a ciò, il tasso di fotosintesi è risultato essere inferiore nelle viti trattate con PM, sebbene questa riduzione non fosse così consistente e marcata come quella della conduttanza stomatica. Ciò suggerisce che la competizione per i nutrienti non rappresenta un fattore determinante per la riduzione della crescita vegetativa. In effetti, la riduzione del contenuto di fosforo nel suolo, osservata con trattamento PM, non sembra aver avuto un impatto sulla capacità fotosintetica delle viti, escludendo quindi come un parametro chiave per spiegare la riduzione della vigoria vegetativa (Figura 2.2). Durante le fasi di invaiatura e maturazione, contrariamente a quanto accade durante le fasi iniziali di crescita della vite, si è assistito ad un aumento dei valori di conduttanza stomatica e tasso di fotosintesi, nelle viti trattate con PM e

NT. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, con la riduzione della LA, la competizione per l'acqua è diminuita nelle fasi successive della stagione, consentendo alle viti di ottimizzare l'uso delle risorse idriche rimanenti. Sebbene non ci siano state differenze significative nella crescita vegetativa complessiva tra i trattamenti, si è comunque osservata una riduzione dell'area fogliare nelle viti con coltura di copertura. Questo è coerente con i tassi di scambio gassoso più bassi nelle viti PM nelle prime fasi della crescita, rispetto al trattamento TT. I valori di fotosintesi e conduttanza stomatica ottenuti sono stati in linea con quelli riportati da altri autori per vigneti in condizioni mediterranee (Escalona et al., 1999; Lopes et al., 2008; Koundouras et al., 2008), confermando che l'effetto della competizione per l'acqua può variare in funzione delle specifiche condizioni ambientali e di gestione agronomica (Pou et al., 2011).

Un altro aspetto chiave emerso dallo studio riguarda l'efficienza nell'uso dell'acqua, che tende a migliorare quando le piante sono sottoposte a stress idrico. In particolare, questo aumento nell'efficienza è spesso legato ad un incremento del rapporto C_i/C_a , cioè la differenza tra la concentrazione di anidride carbonica nelle foglie (C_i) e quella nell'atmosfera (C_a). un rapporto C_i/C_a più elevato indica che le piante sono in grado di fissare più carbonio con una minore perdita d'acqua, migliorando quindi la loro efficienza fotosintetica (Pou et al., 2011). Nello studio di Pou et al., (2011) sono state osservate differenze significative nei parametri legati all'efficienza dell'uso dell'acqua, come il rapporto fotosintesi netta/conduttanza stomatica. Nel 2006, le viti hanno mostrato valori più alti di tale rapporto, suggerendo quindi un'ottimizzazione dell'assimilazione del carbonio in risposta alla scarsità d'acqua e questo, ha permesso di dimostrare che le viti sottoposte a trattamenti di copertura di leguminose, sono state meno sensibili alle variazioni di disponibilità idrica, riuscendo così a bilanciare meglio l'assimilazione del carbonio rispetto al consumo d'acqua, migliorandone la loro efficienza d'uso. Questi risultati hanno suggerito che, in condizioni di stress idrico, le viti sottoposte a trattamenti di copertura di leguminose, riescono ad ottimizzare meglio l'uso dell'acqua, aumentando l'efficienza nell'assimilazione del carbonio. La competizione che si instaura tra le leguminose e la vite sembra quindi avere un effetto positivo sulla capacità delle viti di utilizzare in modo più efficiente l'acqua disponibile, favorendo una maggiore produttività fotosintetica, anche in condizioni di carenza idrica (Pou et al., 2011).

2.2 Ripercussioni produttive delle viti con copertura vegetale di leguminose

Studi recenti hanno dimostrato che le coperture erbacee possono competere con la vite per le risorse del suolo, come acqua e nutrienti, con conseguenti effetti sulla produttività delle viti stesse (Gómez, 2017). La review pubblicata da Abad et al., (2021), in cui sono stati raccolti un totale di 272 articoli relativi all'impiego di varie essenze, tra cui le leguminose come coperture erbacee, riporta importanti informazioni sugli effetti sul vigneto. In particolare, un'analisi di 68 articoli ha esaminato l'impatto delle coperture erbacee sulla resa del vigneto. Di questi, il 16% ha rilevato un aumento della resa. Tuttavia, la maggior parte degli articoli selezionati non ha riportato differenze significative, o addirittura si è assistito ad una diminuzione delle rese. Quando le rese sono aumentate la maggior parte delle specie erbacee presenti erano principalmente leguminose, come ad esempio specie di *Trifolium* e *Vicia*. Al contrario, le maggiori diminuzioni della resa si sono riscontrate con colture graminacee permanenti, come *F. arundinacea* e *F. rubra* (Abad et al., 2021).

Analogamente, Ovalle et al. (2010), conferma i risultati benefici derivanti dall'utilizzo di leguminose. Tale studio aveva lo scopo di identificare e quantificare l'importanza dell'N delle leguminose come fonte utilizzabile dalla vite. La sperimentazione è stata condotta in un vigneto di cinque anni di Cabernet sauvignon, in una zona vinicola cilena, in un arco di tempo compreso tra maggio 2005 e giugno 2007. I trattamenti a confronto erano: un controllo privo di copertura erbacea, una copertura basata su una miscela di leguminose a maturazione precoce di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) e di *Medicago polymorpha* L. indicato con la sigla EMC, ed infine un trattamento di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum*) e trifoglio balansa (*Trifolium michelianum* Savi) a maturazione tardiva, indicato con la sigla LMC. Dallo studio emerse che durante la prima stagione di crescita, la produzione d'uva delle viti trattate con coperture erbacee è risultata inferiore rispetto alle viti prive di copertura. Nella seconda stagione dello studio si è osservato un significativo miglioramento della produzione di circa il 48/61% per le viti sottoposte ad entrambi i trattamenti (EMC e LMC). Questo incremento è stato particolarmente evidente nella biomassa dei frutti (Figura 2.3) (Ovalle et al., 2010)

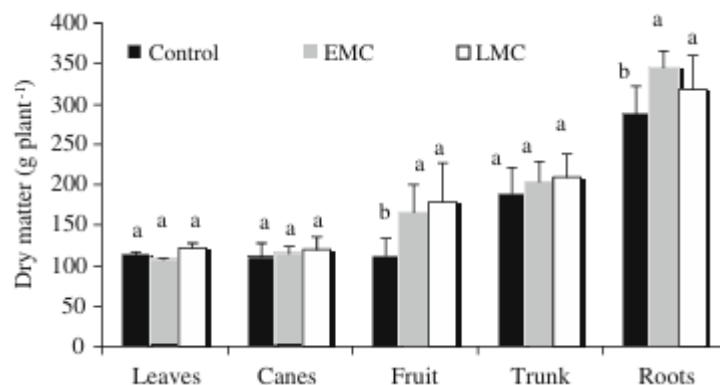


Figura 2.3: Produzione di sostanza secca (g per pianta) della vite coltivate con o senza copertura erbacea nel 2006-2007 (Fonte: Ovalle et al., 2010)

Parlando più in generale, l'impiego dei trattamenti EMC e LMC ha portato ad un aumento delle quantità di sostanza secca e di N (Tabella 2.3).

Tabella 2.3: Sostanza secca (DM) fuori terra e contenuto di N dalle colture di copertura delle leguminose in un vigneto insediato in un terreno granitico, in due stagioni vegetative (Fonte: Ovalle et al., 2010).

Cover crop	2005-2006		2006-2007	
	DM (kg ha ⁻¹)	N (kg Nha ⁻¹)	DM (kg ha ⁻¹)	N (kg Nha ⁻¹)
EMC	2330±573 b*	68±16 b	5391±915 b	157±26 b
LMC	4070±765 a	128±23 a	6148±555 a	194±18 a

***Le medie (±SE) seguite da lettere diverse nella stessa colonna differiscono significativamente secondo il Test di Student (P≤0,05)**

Il trattamento EMC nella prima stagione ha determinato una produzione di sostanza secca totale (DM) pari a 2330 kg/ha e, un contenuto di N di 68 kg /a. Nella stagione successiva, i valori di questi due parametri sono notevolmente aumentati, dato che le quantità di sostanza secca totale prodotta dalla vite ammonta rispettivamente a 5391 kg/ha e 157 kg di N per ha, dimostrando quindi un effetto positivo nell'aumento di biomassa, che ricordiamo, è stato particolarmente evidente nei frutti e nella radice, rispetto agli altri organi della vite che sono rimasti pressoché simili al controllo (Ovalle et al., 2010).

Contrariamente, lo studio svolto da Pou et al. (2011), ha mostrato una riduzione delle rese di uva su viti sottoposte ad inerbimenti, in confronto alla lavorazione del suolo. Nella prova, entrambe le tesi inerbite (PM e NT), hanno registrato rese inferiori rispetto al trattamento lavorato (TT) per tutti gli anni di studio. Tuttavia, queste differenze sono risultate significative

solo nel 2007. Nello specifico, la produzione nelle viti della tesi PM è risultata di 1,12 kg/vite, statisticamente inferiore rispetto a quelle del controllo lavorato (TT) pari a 3,11 kg/vite. La minor produzione è dovuta ad un minor numero dei grappoli (6 nel PM contro 11 nel TT) (Tabella 2.4). Nel 2006 e nel 2008 invece, tutti i trattamenti presi in esame hanno portato a valori produttivi simili tra loro, non evidenziando differenze significative tra le diverse tesi (Tabella 2.4).

Tabella 2.4: Caratteristiche della resa di Manto negro sottoposto a diverse gestioni del suolo: peso medio dei grappoli, resa in uva e numero di grappoli per vite (Fonte: Pou et al., 2011).

Year	Treatment	Mean cluster weight (g)	Grape yield (kg /vine)	Clusters/vine
2006	PM	188.6 ^{ab} ± 25.08	1.03 ^a ± 0.20	5.1 ^a ± 0.66
	NT	208.1 ^{abc} ± 29.89	1.13 ^a ± 0.16	5.6 ^a ± 0.45
	TT	225.2 ^{abc} ± 19.00	1.37 ^{ab} ± 0.29	5.6 ^a ± 0.59
2007	PM	147.6 ^a ± 27.43	1.12 ^a ± 0.31	6.6 ^a ± 0.90
	NT	160.5 ^a ± 23.05	1.61 ^{abc} ± 0.32	9.3 ^b ± 0.97
	TT	276.3 ^c ± 36.50	3.11 ^d ± 0.49	11.0 ^b ± 0.05
2008	PM	250.2 ^{bc} ± 26.26	2.64 ^{cd} ± 0.46	10.0 ^b ± 0.10
	NT	223.5 ^{abc} ± 24.16	2.57 ^{cd} ± 0.42	11.0 ^b ± 0.11
	TT	233.9 ^{abc} ± 27.45	2.92 ^{bcd} ± 0.68	11.3 ^b ± 0.14

Lettere diverse all'interno di una colonna denotano differenze statisticamente significative secondo un test di confronto multiplo di Duncan (P < 0,05).

Il fatto che nel 2008 le rese nei trattamenti inerbiti fossero più alte rispetto agli anni precedenti (Tabella 2.4) è legato ad una maggiore disponibilità idrica come conseguenza delle insolite piogge primaverili tardive di quell'anno. D'altro canto, la TT ha mostrato valori simili tra le annate 2007 e 2008.

Come già detto, sebbene non sempre con differenze significative, nel 2006 e soprattutto nel 2007 le viti in PM e in NT hanno mostrato una resa inferiore rispetto a quelle TT, nonché un numero inferiore di grappoli per vite e un peso medio dei grappoli più basso. Questa riduzione è probabilmente dovuta al lieve stress idrico subito dalle viti in PM e in NT, nelle prime fasi del ciclo vegetativo, causato dalla competizione instaurata dall'inerbimento. Al contrario,

Monteiro e Lopes (2007) non hanno riportato nessuna riduzione significativa della resa nelle viti coltivate in ambienti caratterizzati da condizioni climatiche mediterranee simili (Pou et al., 2011).

La sperimentazione operata da Susaj et al., (2013) ha, invece, dimostrato che l'impiego di coperture erbacee, ha causato un aumento delle rese. Lo studio è stato condotto su un vigneto di dieci anni situato a Zagora, nel nord-ovest dell'Albania durante il triennio 2009 - 2011 su un vigneto impiantato con la varietà di uva locale da vino Kallmet. Nel corso della sperimentazione sono state adottate diverse pratiche di gestione del suolo: 1) convenzionale, che non prevedeva nessuna lavorazione, 2) controllo chimico delle infestanti, 3) biologico, che comprendeva l'uso di inerbimenti. I tre anni di sperimentazione hanno mostrato che la resa per pianta è stata influenzata dalle pratiche di gestione del suolo e dalle condizioni climatiche ambientali. Il trattamento di copertura erbacea ha mostrato risultati positivi in termini di resa (Tabella 2.5), oltre ad aver contribuito a ridurre la competizione delle viti per le risorse idriche e i nutrienti, grazie alla diminuzione del numero delle infestanti e al miglioramento delle proprietà fisiche del suolo. In particolare, la copertura annuale, che combina essenze leguminose e cereali, si sono rilevate più efficaci rispetto all'uso delle sole specie cerealicole.

Tabella 2.5: Valori medi di produzione di uva per pianta (YGP) secondo diverse pratiche di gestione del suolo nei tre anni di sperimentazione (Fonte: Susaj et al., 2013).

Management	Variant	Year 1	Year 2	Year 3
Conventional	No intervention	2.7 f	2.5 fg	2.8 de
	Fallow	3.7 bc	3.5 bcd	3.6 bcde
Chemical control	Glyphosate	3.4 bcd	3 def	3.2 cde
	Diuron	3.1 cde	2.9 def	3.4 bcde
Organic	Cover crop	3.8 bc	3.6 bcd	4 ab
	Mulching	4.1 ab	3.9 bc	4.3 a

Lettere diverse indicano una differenza significativa a $P < 0,05$, assenza di lettere significa nessuna differenza tra i trattamenti.

L'utilizzo di leguminose come copertura erbacea, rispetto alla lavorazione intensiva del suolo, ha portato ad una maggiore produzione d'uva per pianta, dato che nei tre anni di sperimentazione si è avuta una produzione media di 3,8 (2009), 3,6 (2010) e 4 (2011) kg/vite, rispetto a 2,7 (2009), 2,5 (2010) e 2,8 (2011) kg/vite ottenuti con la tecnica di gestione del suolo convenzionale (Tabella 2.5). Dalla sperimentazione si evince, quindi, che l'impiego di leguminose risulta essere la soluzione migliore tra le varie pratiche di gestione del suolo

disponibili, per ottimizzare la produzione d'uva. Tuttavia, gli autori sottolineano anche l'importanza di gestire correttamente queste colture, poiché possono competere con la vite per nutrienti ed acqua se non gestite correttamente (Susaj et al., 2013).

2.3 Ripercussioni sulla qualità delle uve e dei mosti di viti con copertura vegetale di leguminose

La qualità delle uve e del mosto dipende da vari fattori chimici e fisici. Le uve devono essere ben mature, sane e bilanciate in zuccheri e acidità. Gli zuccheri principali (glucosio e fruttosio) sono essenziali per la fermentazione, mentre gli acidi (come tartarico e malico) conferiscono freschezza e stabilità al vino. Inoltre, i polifenoli (antociani e flavonoidi) influenzano il colore e la struttura, specialmente nei vini rossi.

Nel mosto, che è il liquido derivato dalla pigiatura delle uve, il contenuto di zuccheri determina il potenziale alcolico del vino, mentre l'acidità e il pH influenzano il gusto e la stabilità. La presenza di azoto è fondamentale per un rapido innesco della fermentazione e un suo corretto svolgimento, inoltre, la composizione minerale supporta il metabolismo dei lieviti e la qualità finale del vino.

In sintesi, la qualità del vino dipende dall'equilibrio tra zuccheri, acidi, polifenoli e minerali nelle uve e nel mosto, che determinano il profilo organolettico, il colore, la freschezza e il potenziale di invecchiamento (Amicabile, 2020).

Le coperture erbacee possono influenzare vari aspetti legati alle caratteristiche qualitative dell'uva (Abad et al., 2021), ma anche la resa delle viti, portando ad una riduzione della produzione che può essere vantaggiosa per lo stato sanitario dell'uva e la composizione degli acini, soprattutto in ambienti ad alta vigoria, determinando minor affastellamento della chioma e della fascia produttiva e creando di conseguenza un migliore microclima del grappolo (Dokoozlian e Kliewer, 1996).

Riprendendo il già menzionato studio condotto da Pou et al (2011), è stato rilevato che le uve e i mosti prodotti da viti sottoposte ad inerbimento con leguminose (PM), hanno portato ad alterazioni nella composizione chimica del mosto rispetto ad una lavorazione del terreno (Tabella 2.6). Considerando le tre annate, il contenuto di zuccheri, polifenoli totali, antociani e tannini generalmente più basso nel 2008, probabilmente a seguito delle maggiori precipitazioni di quell'anno.

Tabella 2.6: Caratteristiche qualitative del mosto di Manto negro sottoposto a diverse gestioni del suolo (Fonte: Pou et al., 2011).

Year	Treatment	SS (°Brix)	pH	Total polyphenols (A ₂₈₀)	Anthocyanins (mg/L)	Tannins (g/L)
2006	PM	24.1 ^{bcd} ± 0.89	4.0 ^c ± 0.05	26.5 ^{bcd} ± 3.84	248.1 ^{bcd} ± 27.03	4.50 ^c ± 0.65
	NT	24.7 ^d ± 0.74	4.04 ^c ± 0.08	25.0 ^d ± 2.07	288.5 ^d ± 27.10	4.11 ^c ± 0.37
	TT	24.9 ^{cd} ± 0.56	4.13 ^c ± 0.04	24.7 ^{bcd} ± 2.56	242.2 ^{cd} ± 32.69	2.95 ^{ab} ± 0.41
2007	PM	21.5 ^a ± 0.71	3.45 ^a ± 0.07	24.6 ^{cd} ± 2.91	173.4 ^{abc} ± 30.26	3.22 ^{abc} ± 0.31
	NT	22.7 ^{abc} ± 0.42	3.32 ^a ± 0.04	19.1 ^{abc} ± 1.67	102.3 ^a ± 11.70	2.77 ^a ± 0.56
	TT	22.1 ^{ab} ± 0.66	3.36 ^a ± 0.05	16.8 ^a ± 1.22	158.4 ^{ab} ± 54.63	2.69 ^a ± 0.25
2008	PM	20.6 ^a ± 1.11	3.81 ^b ± 0.08	17.6 ^a ± 1.22	115.3 ^a ± 10.27	2.21 ^a ± 0.21
	NT	21.7 ^a ± 0.77	3.77 ^b ± 0.04	18.6 ^{ab} ± 0.71	98.8 ^a ± 16.16	3.89 ^{bc} ± 0.37
	TT	22.0 ^{ab} ± 0.50	3.75 ^b ± 0.04	16.7 ^a ± 1.08	93.3 ^a ± 13.45	2.23 ^a ± 0.21

Lettere pedice diverse all'interno di una colonna denotano differenze statisticamente significative secondo un test di confronto multiplo di Duncan (P < 0,05).

Inoltre, dati rilevati non hanno mostrato differenze significative tra i trattamenti nei tre anni sperimentali, in merito a quelle che sono le qualità del mosto ad eccezione dei polifenoli totali più alti in PM rispetto a TT nel 2007 e dei tannini con differenze significative tra PM e TT nel 2006 (Pou et al., 2011).

Abad et al., (2021) ha evidenziato variazioni significative nei parametri qualitativi del mosto, come TSS (o solidi solubili totali), pH e acidità titolabile (o TA), altre ricerche hanno invece riscontrato cambiamenti nella composizione del mosto in seguito all'uso di leguminose (Tabella 2.7).

Tabella 2.7: Componenti della qualità del mosto in diversi vitigni (Fonte: Abad et al., 2021)

N	Variety	Climate	Irrigation	Fertilisation	Duration	Yield	Berry weight	TSS (°Brix)	pH	TA	YAN	Total anthocyanins	Total polyphenols
1	Cabernet-Sauvignon	W	Yes	Yes	2		=/-	=	=	=	=	=/+	
2	Tempranillo	W	Yes	No	2	-	-	=/+	=	-		=	=
3	Sauvignon blanc	W	Yes	Yes	10	+/=	=	-/=			+/=		
4	Cabernet-Sauvignon	W	No	Yes	3	=	=	=	=	-		+	+
5	Manto Negro	W	Yes		3	-		=	=			=	=
6	Pedro Ximénez	W	No		3	-	=	+	=	=	=		
7	Canaiolo nero/ Trebiano giallo	W			2		=	=	=	=	=		=/+
8	Merlot	W	Yes	Yes/No	2/3	=	=	=	=	=	=		
9	Sangiovese	W		No	2	-	-	=	+	+			
10	Carignano	W	Yes		3	-	-	=/+				+/-	+/-
11	Negroamaro	W	Yes		1	-	=	=	=	=			
12	Cabernet-Sauvignon	W	Yes		1		-/=	-/=	-/=	+/=			-
13	Tempranillo	W	Yes		2	=/-						=(w)	
14	Negroamaro	W	Yes		1	-	=	=	=	=		+(w)	
15	Cabernet-Sauvignon	W	Yes	Yes	2		=	=	=	=	=		=(w)
16	Mazuelo	W	Yes	Yes	5	=	=	=	=	=	=	=/+	
17	Chardonnay	W	Yes		5	=	=	=	=	=/-			
18	Chardonnay	W	Yes	Yes	12	=/+	-/=	=	=	=	=	=	=
19	Pinnot noir	C	No		2	=	=	=	=	=	=		
20	Pinnot noir	C			4	=	=	=	=	=	=		
21	Furmint/ Hárslevelü	C			2	=	=	=	=	=	=		
22	Cabernet Sauvignon	C		Yes	7	=	=	=	=	=	=		
23	Mencia	C			2							+(w)	=(w)
24	Gewürztraminer	C	Yes		6	-	=	-	=/-	=/+			

25	Maréchal Foch	C	Yes	Yes	7	=	=	=	=	+	=	
26	Pinot noir	C	No	Yes	3	=/-	=	=	=	.	.	
27	Shiraz	M	No	No	2	=	=	=	=	.	.	
28	Furmint	M			3	=	=	=	=	=	=	
29	Arañel	M	No	No	5/7	.	=	=	=	-/+	.	
30	Sauvignon blanc	M	Yes	Yes	4	=	=	=	=	.	.	
31	Tempranillo	M	Yes	No	3	=	=	=	=	=	=	=
32	Sangiovese	M			3		.	.	.	+	.	
33	Kallmet	M	No	Yes/No	3	.	=	=	=	=	=	
34	Merlot	M	Yes	Yes	3	=	=	=	=	=	=	
35	Leon Millot	M		Yes	2	+				=/+		
36	Merlot	M			2	.	.	.	.	+	.
37	Mencia	M	No	No	3	=/-	=/-	=	=	=	=	=(w)
38	Grechetto	M	No	No	6					=/-		
39	Merlot, Cabernet franc, Sauvignon blanc	M		No	2	.				.		
40	Tempranillo	M	No		1	=	=	=	=	=	=	
41	Fernão Pires	M	No		2	.	.	.	.	.	.
42	Tempranillo	M	No	No	4	=	=	=	=	=	=	
43	Cabernet-Sauvignon	M			1	=	=	=	=	=	=	=
44	Cabernet-Sauvignon	M			2	=	=	=	=	+	.	
45	Tempranillo	M		No	1	=	=	=	=			+
46	Tempranillo	M	No	No	3	=	=	=	=	=/-		

Durata: in anni dall'inizio dell'esperimento; **C** = clima freddo (T medio > 12 °C); **M** = clima mite (media T 12-15 °C); **W** = clima caldo (media T < 15 °C); **TSS** = solidi solubili totali, **TA** = acidità titolabile; **YAN** = Azoto assimilabile dal lievito; **(w)** = misurato in vino.

Negli studi condotti in Ungheria, dove si utilizzarono coperture spontanee e pacciamatura organica (Varga et al., 2012) o leguminose a fioritura spontanea in vigneti di Furmint (Donkò et al., 2017), non sono state osservate variazioni significative nei parametri di composizione del succo d'uva rispetto a pratiche di gestione prive di trattamenti di copertura. Altre sperimentazioni, come quella condotta da Sweet e Schreiner (2010) in Oregon (USA) nella valle del Willamette, in cui furono valutati sette trattamenti in due vigneti di Pinot noir per due anni, hanno evidenziato risultati analoghi, non comportando differenze nei parametri principali del mosto. (Sweet e Schreiner, 2010). Altre prove, come quelle effettuate su Merlot in California, hanno confermato che non vi erano differenze significative nel mosto con l'uso di trifoglio annuale o copertura erbosa perenne (Ingels et al., 2005). Tuttavia, esistono studi che segnalano cambiamenti nella composizione del mosto, come uno condotto in Andalusia, dove l'uso di miscele di leguminose spontanee ha portato ad un aumento del contenuto di TSS nelle uve della varietà Pedro Ximenez, pur mantenendo invariati gli altri parametri (Pérez et al., 2018). In un vigneto di Cabernet Sauvignon nel Portogallo centrale, invece, è stata osservata una riduzione dell'acidità titolabile probabilmente a causa di una minore crescita vegetativa della vite in presenza delle coperture spontanee e miscele di leguminose, sebbene i parametri di TSS e pH non abbiano mostrato differenze (Lopes et al., 2008).

Una caratteristica comune delle coperture a base di leguminose è l'incremento del contenuto di azoto nel suolo (Fourie et al., 2007), contrariamente a quanto avviene generalmente utilizzando altre specie erbacee (Pallioti et al. 2007; Giese et al., 2015). Tuttavia, tale incremento non sempre si traduce in una variazione significativa del contenuto di azoto nel mosto. L'uso delle leguminose non ha causato un aumento di azoto prontamente assimilabile (YAN o Yeast Assimilable Nitrogen), su uve Shiraz in presenza di stress idrico, che ha limitato la fissazione dell'N da parte dei microorganismi del suolo (Kazakou et al., 2016). Al contrario, studi come quello di Fourie et al. (2007) hanno osservato un aumento del contenuto d'N nel mosto di Sauvignon blanc con l'uso di coperture comprendenti *Ornithopus sativus* e *Vicia fasyarpa*, sebbene questo incremento fosse significativo solo dopo alcuni anni.

Per quanto riguarda la composizione fenolica, la presenza di copertura erbacea ha effetti contrastanti. Ad esempio, nei vigneti di "il Cargignano" in Sardegna, è stato osservato un incremento della concentrazione di polifenoli totali e antociani, tramite l'utilizzo in miscela di *Lolium rigidum*, mentre altre coperture spontanee e di leguminose hanno mostrato valori inferiori rispetto alla lavorazione del terreno (Muscas et al., 2017).

Come ulteriore prova, possiamo fare nuovamente riferimento alla sperimentazione condotta da Susaj et al., (2013). Tale studio ha dimostrato che le pratiche di gestione del suolo influenzano significativamente la qualità dell'uva e del mosto, in particolare la presenza di leguminose, come ad esempio il trifoglio, migliora la fertilità e la salute delle piante. Questo miglioramento delle condizioni del suolo si riflette su un aumento zuccherino negli acini e una riduzione dell'acidità del mosto. Le leguminose, sebbene possano competere con la vite per acqua e nutrienti, portano comunque benefici se gestite correttamente. In generale, la qualità del mosto (Tabella 2.8), in termini di contenuto in zuccheri e acidità, è risultata migliore con viti trattate con coperture miste (leguminose e cereali) rispetto alle pratiche convenzionali. Queste pratiche, riducendo la competizione tra viti ed infestanti, contribuiscono a una maggiore disponibilità di risorse per la pianta, migliorando così la qualità dell'uva e, di conseguenza, del mosto, favorendo una produzione vinicola più sostenibile (Susaj et al., 2013).

Tabella 2.8: Valori medi della resa stimata e dei parametri di qualità della produzione e densità delle infestanti secondo diverse pratiche di gestione del suolo (Fonte: Susaj et al 2013)

Management	Variant	Yield kg/plant	100 berries weight gr	Must content %	Sugar content %	Total acidity %	Weeds plants/m ²
Conventional	No intervention	2.7 c	326.2 b	64.0	21.8	6.28	370 a
	Cultivation	3.6 bc	342.4 ab	67.3	21.9	6.4	54 bc
Chemical control	Glyphosate	3.4 bc	340.5 ab	65.2	21.2	6.5	9 c
	Diuron	3.1 bc	338.6 ab	63.6	22.0	6.25	37 bc
Organic	Cover crop	3.8 abc	344.1 ab	66.3	22.3	6.3	62 bc
	Mulching	4.1 abc	352.6 a	69.2	22.3	6.35	23 bc

Valori medi, lettere diverse indicano una differenza significativa a P<0,05.

CONCLUSIONI

Questo elaborato si è focalizzato sull'impiego di leguminose come copertura erbacea in vigneto e sulle ripercussioni vegeto-produttive di viti sottoposte a tali trattamenti.

Le leguminose, per via della loro capacità di creare simbiosi con batteri azotofissatori, svolgono un ruolo determinante nell'aumento della disponibilità di N nel suolo. Proprio per questa loro caratteristica possono essere impiegate come copertura erbacea al fine di andare a ridurre il numero di concimazioni azotate, portando quindi ad un miglioramento nella nutrizione azotata delle viti, con un apporto di azoto che, sebbene non sempre direttamente legato ad un aumento immediato della produzione, contribuisce a ridurre la necessità di fertilizzanti chimici, favorendo pratiche più sostenibili e portando anche ad un risparmio economico per l'agricoltore. Questo approccio, infatti, non solo ottimizza l'utilizzo delle risorse naturali, ma si presenta anche come una valida alternativa al tradizionale sistema di gestione del suolo nudo, che prevede l'uso di fertilizzanti azotati.

Oltre all'aumento delle disponibilità di N, sono presenti molteplici effetti legati al loro impiego come inerbimenti in vigneto, tra cui: diminuzione dell'incidenza di malattie, effetti legati al miglioramento della struttura e delle qualità del suolo, in termini di aumento di sostanza organica e azoto, minore lisciviazione di nutrienti, controllo delle malerbe, etc.

L'inerbimento del vigneto con leguminose rappresenta una pratica agronomica interessante per la gestione sostenibile dei vigneti, ma i suoi effetti sulla capacità vegeto-produttiva e qualitativa delle viti non sono sempre univoci. I risultati esaminati suggeriscono che, sebbene l'uso delle leguminose possa in certi casi ridurre la vigoria delle piante e la resa produttiva, questo non garantisce automaticamente un miglioramento della qualità dell'uva. Anzi, in alcuni casi la riduzione della vigoria e della resa non si è tradotta in un incremento della qualità del mosto e del vino, come ci si potrebbe aspettare. Tuttavia, la competizione moderata delle leguminose per le risorse idriche, in particolare nei periodi di siccità primaverile/estiva, potrebbe comportare un vantaggio nella gestione dell'acqua, con un abbassamento del consumo idrico della vite nelle fasi successive della crescita, come l'invasatura e la maturazione. Questo aspetto è particolarmente rilevante in un contesto mediterraneo, dove la variabilità delle precipitazioni è elevata e le condizioni climatiche possono influenzare in

modo significativo la produttività e la qualità della vendemmia. I Risultati ottenuti nei vari studi indicano che, nonostante l'adozione delle leguminose possa comportare una certa riduzione della produzione nelle annate più secche, i benefici a lungo termine portano ad una migliore gestione dell'acqua e un miglioramento della qualità del suolo.

Inoltre, la scelta delle specie di leguminose e la loro gestione, le relazioni tra essenze presenti nello stesso miscuglio e le relazioni tra trattamenti e condizioni pedoclimatiche, risultano determinanti per il successo dell'intervento. Vista la grande variabilità di specie utilizzabili, molteplici possono essere le strategie adottabili. La variabilità di specie, ci permette di adottare le giuste essenze o le giuste combinazioni di queste che, in un determinato ambiente, caratterizzato da determinate condizioni, permettono a questo trattamento di raggiungere la massima efficienza.

BIBLIOGRAFIA

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., e Santesteban, L. G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *OENO One*, 55(2). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4481>

Amicabile, S., (2020). *Mauale di Agricoltura*. Milano: Hoepli

Bechini, L., Marino Gallina P., Michelon L., Tadiello T., (2020). *Cover crop: schede tecniche per la coltivazione*. Milano: Università degli studi di Milano

Celette, F., Wery, J., Chantelot, E., Celette, J., e Gary, C. (2005). Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.) -tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: Water relations and growth. *Plant and Soil*, 276 (1–2), 205–217. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-4415-5>

Danso S, Palmason F, Hardarson, G. (1993). Is nitrogen transferred between field crops. *Soil Biol Biochem* 25:1135–1137

Dokoozlian N.K., Kliewer W.M., (1996). Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 121, 869-874.

Donkó, Á., Miglécz, 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. <https://doi.org/10.1007/s13165-016-0149-3>

Escalona J.M., Flexas J., Medrano H., (1999). Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Aust. J. Plant Physiol.*, 26, 421-433.

Fillery, I.R.P. (2001). The fate of biologically fixed nitrogen in legume-based dryland farming systems: a review. *Aust J Expl Agric* 41:361–381

Fowler D., Coyle M., Skiba U., Sutton M., Cape J.N., Reis S. Sheppard L.J., Jenkins A., Grizzetti B., Galloway J.N., Vitousek P., Leach A., Bouwman A.F., Butterbach-Bahl K., Dentener F., Stevenson D., Amann M., Voss M., (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. Doi: 10.1098/rstb.2013.0164

Fourie J.C., Agenbag G.A., Louw P.J.E (2007). Cover crop management in a Chardonnay/99 Richter vineyard in the Coastal Region, South Africa. 3. Effect of different cover crops and cover crop management practices on organic matter and macro-nutrient content of a medium-textured soil. *S Afr J Enol Vitic* 28:61–68

Giese, G., Wolf, T. K., Velasco-Cruz, C., Roberts, L., e 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. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.14100>

Gómez, J. A. (2017). Sustainability using cover crops in mediterranean tree crops, olives and vines – challenges and current knowledge. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66(1), 13–28. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.66.1.2>

Ingels, C. A., Scow, K. M., Whisson, D. A., e Drenovsky, R. E. (2005). Effects of cover crops on grapevines, yield, juice composition, soil microbial ecology, and gopher activity. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(1), 19–29.

Kazakou, E., Fried, G., Richarte, J., Gimenez, O.,Violle, C., & Metay, A. (2016). A plant trait-based response-and-effect framework to assess vineyard inter row soil management. *Botany Letters*, 163(4), 373–388. <https://doi.org/10.1080/23818107.2016.1232205>

Koundouras S., Tsialtas I.T., Zioziou E., Nikolaou N., (2008). Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera*L. cv. Cabernet-Sauvignon) under contrasting water status: Leaf physiological and structural responses. *Agric., Ecosystems Environment*, 128, 86-96.

Kumar K., Goh K.M. (2002) Management practices of antecedent leguminous and non-leguminous crop residues in relation to winter wheat yields, nitrogen uptake, soil nitrogen mineralization and simple nitrogen balance. *EurJ Agron*16:295–308. doi:10.1016/S1161-0301(01)00133-2

Ledgard S.F., Steele K.W. (1992) Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant Soil* 141:137153

Lopes C.M., Monteiro A., Machado J.P., Fernandes N., Araújo A., (2008). Cover cropping in a sloping non-irrigated vineyard: II - Effects on vegetative growth, yield, berry and wine quality of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 23, 37-43.

Monteiro, A., e Lopes, C. M. (2007). Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121(4), 336–342. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.11.016>

Morlat R., (1987). Influence du mode d'entretien du sol sur l'alimentation en eau de la vigne en Anjou. Conséquences agronomiques. *Agronomie*, 7, 183-191.

Muscas, E., Cocco, A., Mercenaro, L., Cabras, M., Lentini, A., Porqueddu, C., e 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.035>

Ovalle, C., del Pozo, A., Peoples, M. B., e Lavín, A. (2010). Estimating the contribution of nitrogen from legume cover crops to the nitrogen nutrition of grapevines using a¹⁵N dilution technique. *Plant and Soil*, 334(1), 247–259. <https://doi.org/10.1007/s11104010-0379-1>

Palliotti, A., Cartechini, A., Silvestroni, O., Mattioli, S., Petoumenou, D., e 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).

Palliotti, A.; Poni, S.; Silvestroni, O. (2018). *Manuale di Viticoltura*. Edagricole. Vol 1 pp 282-288. Cap 14.1. Gestione dell'interfilare. ISBN 978-88-506-5533-5

Pérez, P. R., Luque, J. M. C., Marín, R. S., e Gutiérrez, J. M. L. (2018). Efectos del uso de cubiertas vegetales en viñedo ecológico de la variedad Pedro Ximénez. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001008>

Pou, A., Gulías, J., Moreno, M., Tomás, M., Medrano, H., e Cifre, J. (2011). Cover cropping in *Vitis vinifera* L. cv. Manto Negro vineyards under Mediterranean conditions:

Effects on plant vigour, yield and grape quality. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 45(4), 223–234.

Quemada M, Cabrera ML (1995). Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of four cover crops. *Soil Sci Soc Am* J59:471–477. doi: 10.2136/sssaj1995.03615995005900020029x

Palliotti A., Poni S., Silvestroni O., (2018). *Manuale di Viticoltura*. Bologna: Edagricole,

Susaj, L., Susaj, E., Belegu, M., Mustafa, S., Dervishi, B., e Ferraj, B. (2013). Effects of different weed management practices on production and quality of wine grape cultivar Kallmet in North Western Albania. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(1), 379–382.

Sweet, R. M., e 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.

Trannin W.S., Urquiaga S., Guera G., Ibijbijen J., Cadisch G. (2000). Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. *Biol Fertil Soils* 6:441–448

Tribouillois, H., Cohan, J. P., Justes, E., (2015). Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. *Plant soil* (2016) 401: 347-364. DOI 10.1007/s11104-015-2734-8

van Huyssteen L., (1990). The effect of soil management and fertilization on grape composition and wine quality with special reference to South African conditions. In: *Proc. 7th Australian Wine Industry Conference*, Adelaide, pp. 16-25.

Varga, P., Májer, J., Jahnke, G. G., Németh, C., Szoke, B., Sárdi, K., Varga, Z., Kocsis, L., e 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. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.641463>

SITOGRAFIA

https://it.wikipedia.org/wiki/Ciclo_dell'azoto

<https://www.unife.it/scienze/lm.geologia/insegnamenti/geomorfologia-applicata/materiale-didattico/Erosione.pdf>