



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO DI SISTEMI AGRO-AMBIENTALI
VIALE DELLE SCIENZE 13, ED.4 – 90128 PALERMO. ITALY

Dottorato di ricerca in
TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ ED IL RISANAMENTO
AMBIENTALE
XXIII ciclo triennio 2009-2011
SSD-AGR13



INCREMENTO DELLA FERTILITÀ DEI SUOLI COME CONSEGUENZA DI PRATICHE COLTURALI PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI VIGNETI IN CLIMI SEMI-ARIDI

DOTTORANDO
DR. SALADINO SAVERIO SALVATORE

COORDINATORE
PROF. SEBASTIANO CALVO

TUTOR
PROF. G. ALONZO

CO-TUTOR
PROF. PELLEGRINO CONTE

INDICE

1. INTRODUZIONE

1.1 GESTIONE SOSTENIBILE DEL VIGNETO	3
1.2 DISPONIBILITA' IDRICA DEI SUOLI VITATI	6
1.2.1 Capacità di ritenzione idrica dei suoli	7
1.3 LA SOSTANZA ORGANICA NEL SUOLO	16
1.4 ESIGENZE NUTRITIVE DELLA VITE	20
1.4.1 Caratteristiche del ciclo dell'azoto nitrico	21
1.4.2. Gestione sostenibile dell'azoto	22
1.4.3. L'azoto nel sistema colturale	23
1.5 LA GESTIONE DEL SUOLO IN VITICOLTURA ATTRAVERSO LA PRATICA DELL'INERBIMENTO	25
1.5.1 Diffusione in Italia	26
1.5.2 Inerbimento a confronto con lavorazioni e diserbo chimico: effetti sulla fertilità del suolo	30
1.5.3 L'inerbimento nelle colture arboree.....	31
1.5.4 Copertura vegetale permanente e temporaneo (sovescio)	32
1.5.5 Scelta delle specie da utilizzare come cover crop	33
1.5.6 Effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche fisiche del suolo	34
1.5.7 Effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche chimiche e biologiche del suolo	35
1.5.8 Effetti dell'inerbimento sul contenuto dei nitrati nel suolo	36
1.5.9 Effetti dell'inerbimento sull'erosione.....	39
1.5.10 Effetto dell'inerbimento sullo sviluppo vegetativo, produttività della vite e qualità dell'uva	42
1.5.11. Economia dell'inerbimento	43
1.6 INTERRAMENTO DEI SARMENTI	48

<u>2. OBIETTIVI</u>	49
<u>3. MATERIALI E METODI</u>	55
<u>4. RISULTATI E DISCUSSIONI</u>	56
4.1 IL CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO	58
4.2 L'AZOTO TOTALE NEL SUOLO	59
4.3 RAPPORTO C/N	60
4.4 CARATTERISTICHE DELLA BIOMASSA E DEI SARMENTI INTERRATI	63
4.5 ANDAMENTO DEI NITRATI NEL BIENNIO DI PROVA	76
4.7 RISULTATI PRODUTTIVI DELLA VITE	80
<u>5. CONCLUSIONI</u>	84
BIBLIOGRAFIA	90

1. INTRODUZIONE

1.1 GESTIONE SOSTENIBILE DEL VIGNETO

Nell'ultimo decennio, nel dibattito internazionale è balzato all'attualità un argomento specifico, quello dell'agricoltura conservativa. Si riconsiderano, infatti, tutti gli input immessi nel processo produttivo, con particolare riguardo all'uso di fitofarmaci, fertilizzanti e alle lavorazioni del terreno.

L'attenzione della Comunità Europea ai problemi legati alla tutela ambientale e la maggiore sensibilità da parte degli imprenditori agricoli, spinge la ricerca scientifica verso lo studio di tecniche produttive sostenibili per l'ambiente. Per avere una viticoltura sostenibile è necessario individuare e utilizzare tecniche innovative, a basso impatto ambientale, capaci di garantire il mantenimento nel tempo della capacità produttiva del vigneto e nello stesso tempo compatibili con gli obiettivi di efficienza economica e gestionale delle aziende.

In passato, i processi produttivi che intervenivano nei sistemi colturali puntavano a trasformare le coltivazioni per renderle il più possibile favorevoli alla gestione delle diverse tecniche, ma si occupavano poco delle ripercussioni che tali operazioni spesso comportavano. Tale sistema ha proposto per diversi anni la semplificazione colturale e di conseguenza la monocoltura. Dopo anni di praticare la monocoltura, si è capito che l'agricoltura deve considerare i complessi equilibri naturali, che stanno a supporto del rapporto tra suolo, pianta e atmosfera, per ottenere prodotti più sani e scongiurare il degrado ambientale.

Un'analisi corretta della gestione del suolo nella viticoltura moderna non deve riguardare esclusivamente la riduzione della competizione idrica e nutrizionale delle infestanti, ma scontrarsi anche con problematiche provocate da diversi anni di monocoltura quali l'erosione dei terreni in pendio; il calo del contenuto di sostanza organica del suolo; il deterioramento delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del terreno, base della sua fertilità; l'impatto ambientale della concimazione minerale; gli eccessi di vigore e produzione con peggioramenti della

qualità; le fisiopatie indotte da carenze o eccessi nutrizionali e la minore tolleranza verso i patogeni.

Oggi si inizia a sentire l'influenza del concetto di agricoltura conservativa. Nel vigneto le tecniche di gestione del suolo sono importanti sia dal punto di vista ecologico che ambientale, presa coscienza, quindi, dei possibili inconvenienti riconducibili alle lavorazioni ripetute a lungo termine, ai fenomeni erosivi e alla probabile perdita di fertilità in una situazione monocolturale.

La necessità di risparmiare manodopera e carburanti, la disponibilità di mezzi tecnici ecocompatibili per il controllo della flora erbacea, la ricerca e la verifica di campo hanno tracciato innovative linee guida dove si inseriscono tecniche di gestione del vigneto come l'inerbimento, interrimento dei sarmenti e una gestione ecocompatibile della concimazione. In particolare dobbiamo soffermarci sulle tecniche agronomiche sopra citate. La pratica dell'inerbimento è stata oggetto di attenzione dei ricercatori e dei tecnici non solo per il controllo dell'erosione, ma anche come mezzo di conduzione del suolo, grazie agli effetti positivi esercitati dalla copertura erbacea sui complessi rapporti che intercorrono fra suolo-parte radicale-parte aerea.

Le lavorazioni primaverili-estive, effettuate nei vigneti collinari in pendenza, espongono il suolo al rischio di erosione all'arrivo delle prime piogge. Le ripetute lavorazioni nel tempo sono causa, specie nelle aree meridionali, del fenomeno di "Eremacausi", con una riduzione della dotazione di sostanza organica negli strati più superficiali di terreno; ciò causa gravi ripercussioni sulle proprietà chimico-fisiche del suolo quali la stabilità degli aggregati, la capacità di ritenzione idrica, la C.S.C, l'attività dei microrganismi e la conseguente semplificazione della biocenosi, determinando una minore disponibilità di nutrienti per le piante. (Havis e Gourley, 1937; Goode e White, 1958; Oades, 1984; Van Lanen et al., 1992).

Nei nostri ambienti caldo-aridi, caratterizzati da deficit idrici si usa una copertura erbacea temporanea, quest'ultima, nei mesi invernali svolge un'azione antierosiva, perché disperde parte dell'energia cinetica della pioggia ed aumenta il coefficiente di scabrezza del suolo (Sicher., et al., 1988), consentendo, tra l'altro, un più agevole movimento delle macchine durante la raccolta. Nei mesi primaverili, invece, prima che si possa instaurare una competizione per le riserve idriche con il vigneto viene effettuato il sovescio della cover crop e l'incorporazione della stessa nel suolo,

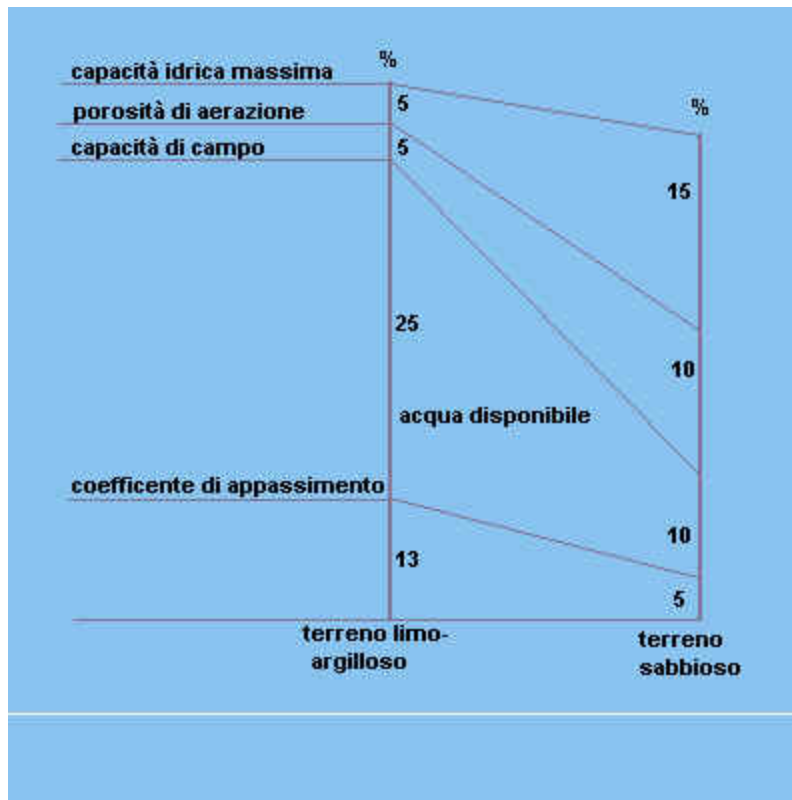
apportando al terreno una massa verde, ricca di acqua e facilmente aggredibile dai microrganismi presenti nel suolo come: batteri e funghi responsabili dell'evoluzione della sostanza organica nel suolo in relazione alla presenza di alcuni fattori e alla qualità della biomassa (rapporto C/N).

1.2 DISPONIBILITA' IDRICA DEI SUOLI VITATI

In ambienti caldo-aridi, la limitata disponibilità idrica del terreno, concomitante con l'elevata evapotraspirazione, rappresenta il fattore prioritario nella limitazione delle rese e nell'incostanza produttiva. Le colture prescelte e le tecniche agronomiche da adottare possono avere un ruolo importante sull'economia dell'acqua, sia per effetti diretti come l'efficienza d'assorbimento idrico, la quantità e la qualità dei residui colturali, che indiretti come la gestione del suolo e i residui colturali. La gestione agronomica determina variazioni dei parametri fisici del terreno, quali la porosità, la permeabilità, stabilità e distribuzione dimensionali degli aggregati e quindi saranno influenzate la ritenzione idrica, l'infiltrazione e l'evaporazione dell'acqua da suolo nudo. In questo ambito la velocità di decomposizione dei residui vegetali, in funzione anche delle tecniche di gestione degli stessi, giocano un ruolo determinante. Negli ambienti aridi e sub-aridi l'efficienza di utilizzazione dell'acqua è uno dei criteri più importanti nella scelta delle tecniche colturali, in quanto consente di massimizzare, o comunque elevare la produttività della superficie agricola utilizzabile in funzione del fattore produttivo più limitante. Il comportamento dell'acqua nel terreno è influenzato dai seguenti parametri fisici: permeabilità, igroscopicità e capillarità. L'aria e l'acqua, presenti negli spazi vuoti compresi tra le particelle del terreno, stabiliscono tra di loro un rapporto dinamico: tale rapporto indica il regime idrico del terreno. La capacità idrica dei terreni varia soprattutto nei terreni argillosi e in base alla struttura. Nei terreni a struttura lacunare è maggiore rispetto a quelli a struttura compatta. Si possono avere diversi livelli di capacità idrica dei terreni: la capacità idrica massima, la capacità idrica minima (detta anche capacità di campo), il coefficiente di appassimento e il coefficiente

igroscopico. Questi ultimi coefficienti dipendono sia dalla granulometria che dalla concentrazione della soluzione del terreno. La capacità idrica massima rappresenta la quantità massima di acqua che il terreno può contenere quando tutti i pori sono occupati dall'acqua. La capacità idrica minima o capacità di campo indica la quantità di acqua che rimane quando tutta l'acqua gravitazionale se n'è andata. Nel terreno rimangono dunque l'acqua capillare e quella igroscopica. Quella capillare corrisponde alla soluzione circolante, formata dall'acqua che è il solvente e i sali che sono i soluti. Il coefficiente igroscopico indica la quantità di umidità che un terreno asciugato in una stufa a 110°C è in grado di riassorbire dall'aria satura di umidità. La quantità di acqua disponibile per le piante è quella compresa tra la capacità di campo e il coefficiente di appassimento. Le piante inoltre possono utilizzare l'acqua gravitazionale ma, di solito, non viene considerata utile. Infatti, in agricoltura non interessa la misura dell'acqua nel terreno, ma è importante la determinazione dei livelli di disponibilità idrica per le piante, che risultano essere influenzati dalla natura del terreno (Fig. 1).

Fig. 1 - Disponibilità idrica in terreni di diversa tessitura



I principali fattori che concorrono al rifornimento idrico sono: la capacità di ritenzione idrica del suolo; l'entità delle precipitazioni e le quote di infiltrazione e di ruscellamento; la profondità di radicazione delle viti; la presenza o l'assenza di inerbimento. La capacità di ritenzione idrica dei suoli argillosi o argilloso-limoso oscilla dai 133 ai 208 mm per metro di suolo, quindi, trattengono più acqua per unità di volume rispetto ai terreni "sciolti" ricchi di sabbia e scheletro che presentano valori di acqua disponibile pari 33-42 mm per metro di suolo. Tuttavia, la capacità di attingimento idrico può essere, incrementata, in un terreno sciolto dalla presenza di radici profonde mentre, viceversa, la quantità di acqua effettivamente disponibile per l'assorbimento in un terreno profondo può essere limitata da uno strato impermeabile calcareo o dalla suola di lavorazione che, di fatto, ostacolano la crescita delle radici riducendo quindi il volume di suolo esplorabile dalle stesse. Il valore della capacità di ritenzione idrica o capacità idrica di campo (CIC) risulta maggiore nei suoli a tessitura fine. Il calcolo della CIC può essere facilmente dedotto da programmi di user-friendly.

La capacità di ritenzione idrica del suolo dipende, oltre che dall'assorbimento da parte delle radici, dall'entità delle precipitazioni, dalle quote d'infiltrazioni e ruscellamento. La piovosità stagionale non un fattore influenzabile, ma bisogna sempre ricordare che una precipitazione deve essere di entità maggiore a 10 mm cosicché raggiunga almeno in parte le radici delle piante.

Le quote d'infiltrazione e di ruscellamento dell'acqua sono funzione di svariati fattori quali: la tessitura, il contenuto di sostanza organica, la pendenza e il tipo di gestione del suolo. L'infiltrazione e il ruscellamento dell'acqua piovana sono inversamente proporzionali e risentono fortemente del passaggio da tecniche di lavorazioni totale a soluzioni d'inerbimento. Il volume di acqua che potenzialmente la vite riesce ad assorbire è il risultato del prodotto tra la capacità di ritenzione idrica del suolo e il volume di terreno esplorato dalle radici. Infine, le riserve idriche sono anche funzione delle interazioni che s'istaurano tra la vite e le eventuali specie erbacee consociate, qualora si adottino soluzioni d'inerbimento spontaneo o seminato.

In generale si può ammettere che l'apparato radicale della vite a causa della sua bassa densità non compete bene con quello delle specie erbacee spesso molto aggressivo.

La dimostrazione più efficace di questo tipo di interazione è che, nei casi di inerbimento dell'interfilare, l'apparato radicale delle viti tende a localizzarsi nella striscia del sottofila cercando sempre di evitare il contatto diretto con le radici delle piante erbacee consociate. Più in dettaglio è possibile ritenere che: l'effetto più marcato di competizione delle specie erbacee consociate è riferito all'acqua; in fase di crescita attiva non sembra vi siano sostanziali differenze nei consumi idrici di diverse essenze erbacee che possono variare da 2 a 7 mm/gg nel corso del periodo primaverile/estivo; la competizione si riduce in modo drastico quando la coltura erbacea entra in dormienza o si dissecca. In climi temperato-caldi, la regolazione della competizione vite-inerbimento può certamente costituire un elemento decisivo per il ricorso, o meno, ad irrigazioni supplementari. In tale contesto climatico, infatti, caratterizzato da scarsi apporti idrici estivi, la scelta di specie da sovesciare in primavera o specie con stasi totale della crescita primaverile-estiva può rivelarsi sufficiente ad evitare situazioni di stress idrico.

1.2.1 Capacità di ritenzione idrica dei suoli

Le più importanti quantità di acqua nel ciclo idrologico di un ecosistema sono quelle legate ai processi idrici all'interno del profilo del suolo. Il suolo è in grado di immagazzinare l'acqua proveniente dalle precipitazioni e, sovente, è capace di assorbire dall'80 al 90% della piovosità annua. A sua volta il suolo costituisce la riserva idrica per le piante; le caratteristiche del suolo, inoltre, consentono la percolazione dell'acqua fino alle falde e influenzano significativamente le quantità di runoff (fenomeno per cui l'acqua si allontana dal suolo senza riuscire a infiltrarlo) e di erosione. La relazione fra acqua del suolo e biologia delle colture sta acquisendo sempre maggiore rilevanza scientifica sulla scorta di conoscenze sempre più precise sulle capacità produttive ed a causa dell'aumento delle criticità ambientali. La quantità di acqua del suolo disponibile nel tempo per l'apparato radicale è il risultato della complessa interazione di numerose variabili dipendenti dal tipo di suolo, dalla vegetazione, dalla evoluzione di quest'ultima e dal clima.

La capacità idrica del suolo equivale alla quantità acqua contenuta potenzialmente nel suolo, come se fosse la capacità di un serbatoio. Essa è un valore fisso che corrisponde alla differenza di contenuto idrico fra capacità di campo (terreno saturo sgrondato) e punto di appassimento, si calcola con una formula (Salter-Williams), applicabile alla sezione di controllo del suolo.

E' dimostrato come il fattore pedoclimatico sia fondamentale per spiegare gran parte della variabilità ambientale che influenza le produzioni viticole e, conseguentemente, i processi enologici. In viticoltura, l'efficienza degli interventi, che può conseguire da una maggiore conoscenza del fattore pedoclimatico, è valutabile sotto diversi aspetti: dalla scelta varietale al "management" agronomico, fino alla gestione delle acque (drenaggio e irrigazione), alla sistemazione e collocazione di nuovi impianti.

1.3 LA SOSTANZA ORGANICA NEL SUOLO

La sostanza organica naturale è ubicata nell'ambiente e controlla la maggior parte della reattività biotica ed abiotica nel suolo e nelle acque (Koerdel et al., 1997). Le funzioni positive svolte dalla sostanza organica si riflettono in altrettanti benefici sotto l'aspetto agronomico. Questo concetto non si applica esclusivamente alle tecniche di agricoltura sostenibile (es. l'agricoltura biologica), ma ha una validità di carattere generale in quanto si riflette, oltre agli aspetti ambientali, anche sul costo relativo all'esecuzione di varie tecniche, con particolare riferimento alla concimazione, alle lavorazioni del terreno, all'irrigazione.

I rapporti con la concimazione riguardano in particolare la possibilità di impostare livelli di fertilità chimica più alti, beneficiando del maggiore potere assorbente che, a parità di condizioni, l'humus conferisce al terreno. Dal punto di vista economico va, inoltre, considerato il vantaggio di ridurre le perdite per dilavamento o per insolubilizzazione che possono riguardare rispettivamente l'azoto e il fosforo e, in casi estremi, le stesse basi quando si opera in terreni con scarso potere assorbente. Le lavorazioni possono beneficiare delle migliori condizioni strutturali che si instaurano nei terreni che hanno una non trascurabile dotazione in argilla. L'aumento di sofficità che un'alta dotazione in sostanza organica conferisce ai terreni con tessitura fine o finissima si traduce in una minore tenacità e, in definitiva, in una riduzione dei costi energetici delle lavorazioni. Un altro aspetto importante è il miglioramento delle proprietà fisiche nei terreni gestiti con tecniche di non lavorazione attuate sia nei seminativi (sod seeding) sia negli arboreti (inerbimento). L'attuazione di queste tecniche permette di migliorare la dotazione in sostanza organica, a livelli comparabili a quelli di un suolo ricoperto da pascolo, ed ottenere benefici in termini di resistenza al costipamento e all'erosione e, in generale, una migliore permeabilità. In terreni ben dotati di sostanza organica l'irrigazione consegue dei benefici che derivano dalle migliori condizioni strutturali e dall'aumento della capacità di ritenuta idrica dei suoli. Ciò permette di ridurre sia le perdite per percolazione profonda, sia quelle per ruscellamento (qualora si operi in terreni in pendio). Una migliore ritenuta idrica permette, inoltre, di adottare una maggiore elasticità nell'impostazione dei turni di adacquamento. In ogni tipo di

suolo la dinamica della sostanza organica è la risultante dei processi di umificazione e mineralizzazione, che si svolgono contemporaneamente sia pure con intensità differenti secondo le condizioni pedoclimatiche. Nei suoli naturali le condizioni ambientali sono sostanzialmente stabili, con eventuali variazioni periodiche nel corso dell'anno dovute alla successione delle stagioni; ciò conduce all'instaurazione di un equilibrio dinamico, dal quale scaturisce una determinata dotazione in sostanza organica che può essere alta o bassa in relazione alle condizioni pedologiche, climatiche e vegetazionali. L'alterazione di queste condizioni, come ad esempio un disboscamento, un incendio, uno sconvolgimento climatico genera un aggiustamento delle dinamiche fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio, che in genere s'instaura su livelli più bassi. La messa a coltura di un terreno naturale determina sempre una riduzione del tenore in sostanza organica. Ciò si deve all'alterazione del profilo pedologico causato dalle lavorazioni, alle migliori condizioni di aerazione, determinate dalle periodiche lavorazioni, che privilegiano la mineralizzazione a scapito dell'umificazione, e, in genere, alla riduzione della biomassa umificabile a causa dell'asportazione dei prodotti o della distruzione dei residui colturali. Osservando la dinamica della sostanza organica in un suolo naturale messo a coltivazione, si nota una riduzione progressiva della dotazione in sostanza organica e in humus che, dopo un certo numero di anni, si assesta a livelli stazionari più bassi. L'eventuale abbandono della coltivazione o l'adozione di tecniche conservative porta ad un lento incremento del tenore ma in genere il nuovo equilibrio si assesta a livelli stazionari più bassi rispetto a quelli del suolo naturale originario. Il tenore in sostanza organica del terreno agrario è strettamente legato alle tecniche agronomiche e alle rotazioni adottate in rapporto alle condizioni pedoclimatiche. La fertilizzazione organica è fondamentale per incrementare il tenore in sostanza organica in quanto la biomassa incorporata si aggiunge a quella costituita principalmente dalle radici delle piante. L'efficacia della fertilizzazione è strettamente associata alla natura dei materiali apportati e in particolare ha un ruolo fondamentale il rapporto C/N che influenza il coefficiente isoumico. Materiali con elevato rapporto C/N, come la paglia e i residui di potatura, sono ricchi in lignina e cellulosa e poverissimi in azoto, hanno una decomposizione lenta e difficile, con un basso grado di mineralizzazione e di umificazione, per cui tendono ad accumularsi nel terreno senza contribuire

all'umificazione. Materiali con basso rapporto C/N, come i liquami, la pollina e altri prodotti di origine esclusivamente animale, sono poveri in lignina e cellulosa e ricchi in azoto di natura proteica. Questi materiali sono di rapida decomposizione, ma orientata prevalentemente alla mineralizzazione. Anche in questo caso il contributo all'umificazione è modesto, tuttavia mantengono elevati livelli di fertilità chimica grazie all'apporto di considerevoli quantità di elementi nutritivi disponibili in tempi relativamente brevi ma facilmente soggetti a perdite.

Materiali con rapporto C/N equilibrato, come il letame e il compost, hanno una composizione mista, in parte di origine animale e in parte di origine vegetale. Questa condizione favorisce la decomposizione e un sostanziale equilibrio fra mineralizzazione e umificazione. In definitiva si tratta dei migliori ammendanti organici, ma per il costo elevato hanno un utilizzo limitato e, in genere, destinato ai regimi colturali più redditizi. Nell'azienda agraria tradizionale aveva un ruolo determinante la presenza dell'allevamento: questa struttura, finalizzata al mantenimento degli animali da lavoro e, secondariamente, alla produzione di latte e carne, permetteva la produzione di ingenti quantitativi di materiale organico umificabile ottimizzando il reimpiego della paglia e delle deiezioni animali. La specializzazione degli indirizzi produttivi nell'agricoltura di mercato ha ridotto notevolmente questa risorsa, incrementando la produzione di materiali organici che singolarmente contribuiscono poco a mantenere buoni livelli di humus nel suolo.

Le rotazioni colturali offrono differenti contributi al tenore in sostanza organica, in relazione alla quantità complessiva di biomassa prodotta e lasciata sul terreno come residuo colturale. Per alcune colture l'asportazione di sostanza organica, sotto forma di prodotto sia principale sia secondario, è ingente, mentre per altre la quantità di biomassa residua è tale da contribuire in modo non indifferente al miglioramento del suolo. Su questo concetto si basa la tradizionale distinzione, ormai considerata obsoleta, fra colture miglioratrici (come ad esempio alcune colture da rinnovo e le foraggere) e depauperanti (altre colture da rinnovo e i cereali in generale).

La diminuzione del contenuto in sostanza organica registrata negli ultimi anni nei suoli dei diversi ambienti europei ed in particolare negli ambienti mediterranei, è stata determinata principalmente dall'eccessiva intensificazione colturale, che ha reso

necessario l'utilizzo di notevoli input energetici e chimici a discapito di una gestione sostenibile dei suoli.

La conservazione della fertilità dei suoli deve essere necessariamente affrontata con l'introduzione di tecniche colturali conservative che nel contempo tutelino la qualità delle produzioni agricole.

Il carbonio è uno dei principali componenti della materia organica presente nel suolo, che a sua volta ha un ruolo significativo nel ciclo globale del carbonio. Il mantenimento dei livelli di sostanza organica tipici dei diversi suoli nei loro specifici ambienti rappresenta un importante contributo per la riduzione dei gas serra in coerenza con le indicazioni del Protocollo di Kyoto.

L'identificazione chimica dell'humus non è definita a causa dell'eterogenea composizione. Molti autori usano distinguere la sostanza organica del terreno in composti *umici* e *non umici*. Questi ultimi si identificano in varie classi di composti macromolecolari (proteine, lipidi, polisaccaridi, lignina, cera, acidi nucleici, ecc.) o di composti organici semplici mono o polifunzionali (zuccheri, acidi carbossilici, alcoli, amminoacidi, polifenoli, ecc.). Una definizione dell'humus in prima istanza lo identifica come un eteropolimero, ossia un composto macromolecolare di composizione non definita, di elevato peso molecolare, dotato di proprietà colloidale, di colore variabile dal giallo al bruno al nero. Le caratteristiche chimiche e strutturali dell'humus sono alla base delle proprietà del terreno, con riflessi sulla sua fertilità. L'elevato peso molecolare e la densità di gruppi funzionali acidi sono responsabili delle proprietà colloidali dell'humus. L'humus si comporta come un colloide idrofilo, elettronegativo ai valori ordinari di pH nel terreno. Il suo stato fisico normale è quello di colloide flocculato, soprattutto nei suoli con reazione da leggermente acida a moderatamente alcalina ($\text{pH} < 8,5$). Nei suoli fortemente alcalini ($\text{pH} > 8,5$) è allo stato disperso. Le proprietà acide sono dovute ai gruppi carbossilici e ai gruppi fenolici. Trattandosi di acidi deboli, la dissociazione aumenta con il pH: a valori normali sono i gruppi carbossilici ad essere dissociati, mentre a valori di pH elevati si dissociano anche i gruppi ossidrilici dei fenoli. La formazione di cariche negative dovute alla dissociazione acida, oltre ad attribuire all'humus le caratteristiche di un colloide elettronegativo, è all'origine di fondamentali proprietà chimiche:

- Capacità di scambio cationico. Le cariche negative sono neutralizzate con l'adsorbimento di cationi (ioni H^+ e Al^{3+} in terreni molto acidi, cationi metallici (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , ecc.). Per mezzo dello scambio ionico l'humus trattiene le basi di scambio preservandole dal dilavamento e rilasciandole gradualmente. Questa proprietà assume una notevole importanza nel caso dell'humus, dal momento che la CSC è mediamente molto più alta di quella dei minerali argillosi (3-400 meq per 100 g). La capacità di scambio cresce all'aumentare del pH per la relazione che lega quest'ultimo al grado di dissociazione acida dell'humus.

- Potere tampone. In virtù delle deboli proprietà acide dell'humus e della presenza di basi di scambio adsorbite sulla sua superficie, l'humus ha un elevato potere tamponante nei confronti delle variazioni di pH: nel primo caso, in presenza di acidi, rilascia basi di scambio e adsorbe ioni idrogeno riducendone pertanto l'attività nella soluzione circolante; nel secondo caso, in presenza di basi, adsorbe cationi metallici e rilascia ioni idrogeno che neutralizzano gli ioni idrossido. In virtù di queste proprietà il potere tampone verso l'acidificazione cresce all'aumentare del pH, mentre verso l'alcalinizzazione cresce al diminuire del pH. Nei terreni a reazione neutra o leggermente acida, il potere tampone si manifesta con la maggiore intensità sia verso l'acidificazione sia verso l'alcalinizzazione, opponendosi efficacemente alle variazioni verso reazioni anomale. Al contrario, nei terreni acidi e alcalini, questa proprietà rappresenta una condizione sfavorevole in quanto si oppone agli interventi di correzione.

- Chelazione. Grazie alla presenza di gruppi carbossile adiacenti o di gruppi carbossile e ossidrilici adiacenti, l'humus ha proprietà chelanti nei confronti dei microelementi (ferro, rame, zinco, ecc.) in quanto forma legami organo-metallici che li preservano dall'insolubilizzazione.

Fra le proprietà chimiche intrinseche che hanno riflessi sulla nutrizione minerale delle piante, oltre alla capacità di scambio cationico va considerato anche il ruolo svolto nell'assorbimento biologico, di fondamentale rilevanza agronomica. Nella composizione dei costituenti dell'humus rientrano elementi nutritivi fondamentali quali l'azoto, lo zolfo, il fosforo e, grazie alla formazione di legami organo-metallici,

potassio, magnesio, calcio, ferro, ecc. Questi elementi, pur non essendo immediatamente disponibili per le piante, formano una riserva che viene rilasciata gradualmente attraverso la mineralizzazione. L'humus rappresenta perciò uno dei fondamentali strumenti di manifestazione del potere assorbente del terreno, di rilevante importanza soprattutto nei seguenti contesti:

- gli elementi estremamente mobili, che si perdono per facilità con il dilavamento (azoto e zolfo), sono trattenuti dal terreno grazie all'incorporazione nell'humus, che in condizioni di flocculazione non è mobile;
- gli elementi facilmente soggetti a insolubilizzazione o a fissazione (fosforo e potassio), sono preservati dalla retrogradazione grazie all'incorporazione nell'humus, che li rilascia gradualmente in forma solubile. Questa proprietà è fondamentale nei terreni calcarei e nei terreni acidi, dove il fosforo è destinato all'insolubilizzazione rispettivamente sotto forma di fosfato tricalcico nei primi e di fosfati di alluminio e ferro nei secondi; la presenza di buone dotazioni di humus permette perciò di rallentare i fenomeni negativi di immobilizzazione del fosforo.

In merito alle interazioni fra il potassio e i metalli alcalino-terrosi (calcio e magnesio), l'humus contribuisce a regolare gli antagonismi che si esercitano fra questi elementi per mezzo dell'adsorbimento selettivo. Calcio e magnesio da un lato e potassio dall'altro, esercitano un antagonismo reciproco che si manifesta nell'assorbimento radicale con possibili fenomeni di carenza. Dal momento che l'humus adsorbe in misura maggiore il calcio e il magnesio, ne abbassa il tenore nella soluzione circolante favorendo l'assorbimento radicale del potassio. Viceversa, in caso di elevate dotazioni di potassio l'adsorbimento s'indirizza prevalentemente verso quest'ultimo, limitandone la competizione nell'assorbimento radicale nei confronti di calcio e magnesio.

Una proprietà chimica di fondamentale importanza sotto l'aspetto ecologico è quella di poter adsorbire diverse molecole organiche, chimicamente e biologicamente attive, immobilizzandole e inattivandole. Questa azione è importante perché limita o abbatte del tutto l'impatto ambientale di diversi fitofarmaci, in

particolare alcune categorie di erbicida, evitandone il dilavamento e, nel contempo, la manifestazione di effetti residuali dovuti alla persistenza nel terreno. Come esempio si può citare il glyphosate: questo erbicida viene infatti adsorbito dall'humus e a seguito dell'incorporazione perde la sua attività biologica. L'efficacia è tale che il glifosate è disattivato nel terreno nell'arco di pochi giorni. L'humus interagisce con i componenti minerali del terreno formando complessi organo-minerali. Nei terreni acidi l'humus forma complessi con gli idrossidi di ferro e alluminio, colloidali idrofobi ed elettropositivi, stabilizzando lo stato di flocculazione. La mobilità di questi complessi dipende dal rapporto idrossidi/humus. A valori alti prevale l'insolubilità degli idrossidi di alluminio e ferro, perciò questi tendono ad accumularsi nel profilo del terreno; a valori bassi prevale la mobilità dell'humus, a causa dell'instabilità dovuta alla carenza di calcio e in condizioni di elevata umidità gli idrossidi sono facilmente lisciviati. Più importante, ai fini della formazione della struttura del terreno è la formazione dei *complessi umo-argillosi*: l'humus agisce come cemento legando gli aggregati primari (formati dai minerali argillosi) in modo da formare aggregati strutturali secondari di dimensioni dell'ordine di 1-3 mm. Questa condizione è favorevole all'evoluzione di una struttura di tipo glomerulare, tipica dei terreni ben dotati di sostanza organica, in contrapposizione alla struttura granulare, tipica dei terreni argillosi poveri di sostanza organica. Un requisito essenziale affinché si formino i complessi umo-argillosi è la presenza di discrete dotazioni di calcio. Gli ioni calcio, infatti, fanno da ponte elettrostatico fra i colloidali umici e quelli argillosi, stabilizzando i complessi organo-minerali e la struttura. Per questo motivo i terreni che in genere presentano una buona e stabile struttura sono quelli a reazione neutra o moderatamente alcalina con una buona dotazione in humus.

Come colloidale idrofilo l'humus ha la proprietà intrinseca di legare le molecole d'acqua sulla sua superficie, assorbendo un quantitativo pari a 20 volte il proprio peso. Di conseguenza l'humus ha una notevole capacità di ritenzione idrica, superiore a quella dei colloidali minerali del terreno. Va tuttavia precisato che la tensione matriciale dell'acqua nell'humus ha valori più bassi, perciò per sottrarre l'acqua all'humus è necessario un maggior dispendio energetico da parte delle piante.

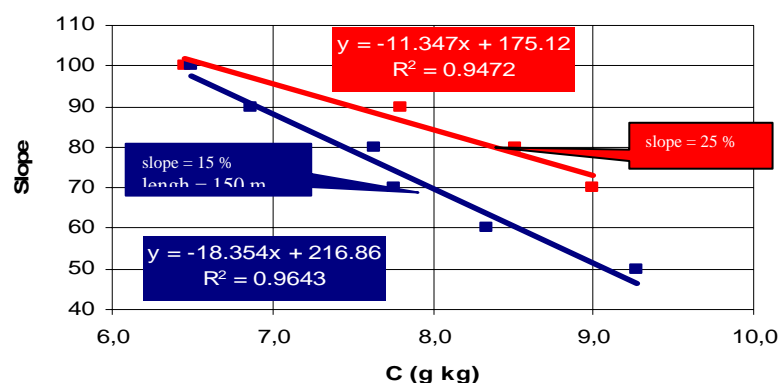
Sulla base delle proprietà fisiche e chimiche descritte in precedenza, all'humus sono attribuite importanti funzioni che, in caso di buone dotazioni, conferiscono al terreno

caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche nettamente differenti rispetto ai terreni con scarse dotazioni. La maggior parte di queste caratteristiche sono da interpretarsi come positive, tuttavia eccessive dotazioni in humus comportano alcuni effetti collaterali indesiderati. I riflessi positivi sulle proprietà fisico-meccaniche sono essenzialmente associati alla formazione di una struttura stabile e di tipo glomerulare. Un terreno dotato di una buona struttura, a parità di altre condizioni, ha un rapporto equilibrato fra umidità e aerazione, è permeabile e soffice. L'elevata capacità d'imbibizione dell'humus, inoltre, conferisce al terreno una maggiore capacità di ritenzione idrica. In definitiva la buona dotazione in humus si traduce in condizioni di abitabilità migliori per le piante e i microrganismi.

Non meno importanti sono i riflessi sulle proprietà chimiche del terreno. Il beneficio più evidente di un alto tenore in humus è l'elevata dotazione di elementi nutritivi in virtù dell'alta capacità di scambio cationico e dell'assorbimento biologico, fattori che preservano gli elementi nutritivi dal dilavamento. Nei terreni a reazione neutra o leggermente acida, il forte potere tampone dell'humus si manifesta nella sua migliore espressione opponendosi alle cause di variazioni anomale del pH. Questo aspetto è fondamentale per stabilizzare nel tempo le condizioni di solubilità favorevoli all'assorbimento degli elementi nutritivi. In definitiva la buona dotazione in humus si traduce in condizioni di nutrizione ottimali per le piante, grazie alle elevate dotazioni in elementi nutritivi e alle dinamiche più equilibrate che si instaurano tra fase solida, fase liquida e apparati radicali. Sotto l'aspetto biologico va citata la più intensa attività dei microrganismi, i quali intervengono in alcune fasi fondamentali dei cicli biogeochimici degli elementi nutritivi. Un suolo ben dotato di sostanza organica e con un rapporto equilibrato tra mineralizzazione e umificazione si presenta biologicamente molto attivo con indubbi benefici sul *turn over* degli elementi. I colloidi organici rappresentano inoltre dei siti preferenziali per l'insediamento delle colonie batteriche. Sotto l'aspetto ambientale è fondamentale l'azione antierosiva dell'humus, in quanto la formazione dei complessi umo-argillosi permette una maggiore resistenza all'erosione superficiale (esercitata dal vento e dalle acque di scorrimento) e al dilavamento. L'importanza di questo ruolo è tale che i suoli forestali montani e collinari interessati da incendi e disboscamenti incontrollati vanno incontro nell'arco di pochi anni all'erosione e al dissesto idrogeologico. Non

meno importante è il ruolo svolto dalle alte dotazioni in humus nel preservare fenomeni di inquinamento delle falde acquifere grazie all'adsorbimento e all'inattivazione di sostanze a potenziale azione tossica (composti organici di sintesi, metalli pesanti). L'umificazione è l'insieme dei processi demolitivi enzimatici, dovuti a varie specie di batteri, attinomiceti e funghi, attraverso i quali la sostanza organica in decomposizione subisce un processo di rielaborazione a partire da composti organici più o meno semplici, alcuni di difficile decomposizione, altri sottratti alla completa mineralizzazione. Nell'ambito del ciclo del carbonio rappresenta concettualmente una deviazione del ciclo che sottrae una quota del carbonio organico alla mineralizzazione. L'umificazione avviene più intensamente negli strati superficiali del terreno e subisce l'influenza dei fattori esterni che agiscono sui microorganismi, quali la temperatura, umidità, reazione basica o neutra del terreno. La mineralizzazione è l'insieme dei processi demolitivi della sostanza organica con formazione, quali prodotti finali, di composti inorganici sotto forma di acqua, anidride carbonica e sali minerali (ammonio, fosfati, solfati e cationi metallici). Rappresenta la fase finale della decomposizione ossidativa della sostanza organica e si può distinguere in due fasi:

- la prima coinvolge l'humus propriamente detto, esso è responsabile della liberazione di una parte degli elementi in forma inorganica e della formazione di composti organici semplici;
- la seconda coinvolge i composti organici semplici derivati dalla decomposizione dell'humus e delle macromolecole organiche (proteine, lipidi, polisaccaridi, acidi nucleici, ecc.).



Carbon distribution in the two slope

1.4 ESIGENZE NUTRITIVE DELLA VITE

La vite ben si adatta a terreni poveri, rispetto alle altre colture è poco esigente di elementi nutritivi, quindi non richiede dosi eccessive di fertilizzanti. Una valutazione attenta della gestione del vigneto porta a ritenere che la coltivazione della vite comporti asportazioni di elementi minerali ancora più basse di quelle riportate in certi contesti. In numero sempre più elevato di vigneti i tralci recisi con la potatura vengono sminuzzati con la trinciasarmenti e lasciati in situ, dove l'attività dei microrganismi eterotrofi li decomporrà contribuendo al rilascio degli elementi minerali che vi erano stati immagazzinati. In vigneti con una gestione sostenibile che prevede l'interramento dei sarmenti, solo l'uva vendemmiata viene trasferita all'esterno e rappresenta l'unico asporto di elementi minerali dall'agro-ecosistema. Considerando la concentrazione di elementi minerali nelle uve possiamo stimare, approssimativamente, che ogni anno con una produzione di 100 q ha^{-1} di uva verranno asportati circa 30 kg di potassio, da 5 a 20 kg di azoto e da 2 a 5 kg di fosforo.

L'azoto è utilizzato dalla vite sotto forma nitrica o di ione ammonio proveniente dal terreno o dalla traslocazione tra i diversi organi della pianta. Nella vite l'N può muoversi sia sotto forma inorganica (nitrati) che sotto forma organica (amminoacidi). I nitrati assorbiti dal terreno sono ridotti a forme organiche (amminoacidi) o a ioni ammonio, grazie all'attività dell'enzima nitrato-riduttasi presente in vari organi, come gli apici radicali e le parti verdi della pianta, soprattutto le foglie, ma anche gli acini. La quantità di nitrati in un tessuto è influenzata dall'assorbimento radicale, dall'attività di riduzione svolta dagli apici radicali in crescita, dalla velocità di trasporto e dall'attività nitrato-riduttasica delle foglie. La frazione organica è rappresentata da un ristretto pool di amminoacidi costituito principalmente da arginina, acido aspartico e acido glutammico e le loro ammidi.

La dinamica stagionale dell'azoto nella vite può essere suddivisa in quattro diversi periodi che sono posti in relazione alle fasi fenologiche della vite: dal germogliamento a fine fioritura (I fase), da fine fioritura all'invaiaitura (II fase), dall'invaiaitura alla raccolta (III fase), post-raccolta (IV fase).

Durante la prima fase, l'assorbimento di azoto da parte delle radici non è sufficiente a sostenere le richieste degli organi in crescita e la vite dipende dall'azoto accumulato nella precedente stagione (Conradie, 1991). Gran parte delle riserve azotate si trova nelle radici e nel fusto, da esse l'azoto viene mobilizzato verso i germogli. A partire dal germogliamento l'azoto totale presente nelle strutture di riserva della vite decresce fino a raggiungere un minimo in fioritura. La concentrazione di nitrati nelle radici mostra un rapido incremento a partire dal germogliamento e raggiunge un massimo poco prima della fioritura. Nel periodo che precede la fioritura viene raggiunta anche la massima concentrazione di nitrati nel tronco, tale concentrazione comincia a decrescere rapidamente in seguito al rapido sviluppo degli organi vegetativi.

Dalla fioritura fino all'invasatura (II fase) l'azoto totale presente nelle viti mostra un incremento lineare: le radici sono in piena attività, assorbono azoto e lo mobilizzano verso nuovi organi di crescita (Wermelinger, 1991). Il contenuto di azoto spesso raggiunge il suo massimo valore all'invasatura. Durante questa fase, la quantità di azoto assorbito dagli apparati radicali è sufficiente a soddisfare la nuova crescita.

Nel periodo compreso tra fioritura e invasatura i grappoli accumulano circa il 60% della quantità finale di azoto. Durante la fioritura sono le foglie gli organi di maggiore accumulo di azoto e solo alla fine dell'allungamento dei germogli fino alla chiusura dei grappoli si verifica un trasferimento dell'azoto verso i grappoli.

Tra l'invasatura e la raccolta la crescita dovrebbe essere completata ed i grappoli sono il principale accumulatore di azoto; l'accrescimento radicale potrebbe essere molto limitato sia per la capacità che i grappoli hanno di polarizzare i fotosintetati, che della carenza idrica registrata negli ambienti semi-aridi.

La maggior parte dell'azoto presente nei grappoli è sottoforma di ione ammonio, proveniente dal suolo, e di amminoacidi provenienti dalle foglie e dai germogli, mentre i nitrati sono presenti in quantità molto basse (Wermelinger, 1991).

Dopo la raccolta non essendoci più grappoli, i principali attrattori di fotosintetati sono le radici che riprendono la crescita, esse assorbono azoto e lo trasferiscono verso gli organi di riserva. Mentre la vite presenta due periodi di elevato fabbisogno d'azoto, di cui uno durante la prima fase del ciclo e il secondo in prossimità

dell'invasatura, il contenuto di nitrati nel terreno inerbito tende a seguire un andamento, nel corso dell'anno, in parte non corrispondente a tali esigenze.

L'azoto rappresenta un importante fattore di qualità per la produzione enologica, principalmente grazie al suo indispensabile ruolo sull'andamento della fermentazione alcolica. L'azoto interviene nella sintesi proteica e, in particolare, nel corso della fase esponenziale di accrescimento dei lieviti, nella sintesi di molecole glicoproteiche, aventi funzioni di trasporto degli zuccheri all'interno della cellula del lievito.

La velocità della fermentazione alcolica dipende, infatti, principalmente dall'assunzione degli zuccheri da parte del lievito.

Sono stati individuati i contenuti minimi necessari a garantire il corretto svolgimento dell'attività fermentativa: essi risultano direttamente correlati al contenuto zuccherino dei mosti. Oltre al contenuto totale in azoto assimilabile, si rileva come la durata della fermentazione alcolica dipenda anche dal momento in cui vengono effettuate le aggiunte. Apporti di azoto assimilabile abbinati alle ossigenazioni durante la fase stazionaria dei lieviti (a metà circa della fermentazione) consentono un buon controllo della fermentazione alcolica ed una riduzione della sua durata. In questa fase, l'apporto di azoto assimilabile svolgerebbe un importante ruolo, non direttamente sulla sintesi di nuovi trasportatori, ma sulla regolazione del processo fermentativo. L'abbinamento degli apporti azotati alle ossigenazioni è, inoltre, fondamentale per garantire una prolungata funzionalità delle membrane del lievito e, quindi, un migliore e più prolungato utilizzo da parte del lievito delle fonti azotate.

Le attuali tecniche di vinificazione prevedono una serie di interventi che incrementano il contenuto in azoto assimilabile nel mosto e migliorano le condizioni di assorbimento da parte del lievito. Tra queste ricordiamo la criomacerazione nelle vinificazioni in bianco e in rosso, le macerazioni fermentative di lunga durata abbinate a ripetuti arieggiamenti (rimontaggi all'aria, tecnica del délestage, macrossigenazione) nella vinificazione in rosso, nonché le aggiunte dirette di sali ammoniacali ai mosti.

Attualmente si sta diffondendo, sia nella vinificazione in bianco che in rosso, la tecnica dell'affinamento dei vini "sur lies", cioè a contatto con le cellule di lievito che hanno terminato la fermentazione alcolica. Nella gestione delle fecce da destinare a questa tecnica di affinamento occorre tenere ben presente che una scarsa

disponibilità di azoto assimilabile per i lieviti durante la fermentazione alcolica può essere responsabile della produzione di H₂S sia durante la fermentazione alcolica che della comparsa di sgradevoli odori di composti solforati nel corso della successiva fase di conservazione “sur lies”.

L’apporto di fertilizzanti determina indirettamente un cambiamento dell’aroma incrementando la crescita dei tralci e la concentrazione dell’acido malico. Sembra che la fertilizzazione azotata sia indispensabile per mantenere la qualità nelle varietà bianche e per evitare la formazione di cattivi odori.

Un attributo universalmente accettato per definire la qualità e la sostenibilità del suolo è la disponibilità di nutrienti, sia provenienti dai residui colturali o deposizione, sia da eventuali fertilizzazioni (Stevenson, 1982; Jarvis *et al.*, 1996; Silgram *et al.*, 1999). Una adeguata e bilanciata disponibilità di tutti i nutrienti è necessaria per ottimizzare la crescita delle piante ma, soprattutto nei sistemi colturali industrializzati, il maggior limite alla produttività è rappresentata dalla disponibilità di azoto nitrico che riveste inoltre, grande importanza per quanto riguarda l’impatto ambientale. Lo sviluppo di strategie sostenibili per la gestione dell’azoto risulta essere uno strumento fondamentale per il mantenimento della qualità e sostenibilità del suolo.

1.4.1 Caratteristiche del ciclo dell’azoto nitrico

Nel suolo, l’azoto è sottoposto ad innumerevoli ed immediate trasformazioni a carico della biomassa microbica e tutte queste trasformazioni risultano essere fortemente correlate con il livello e la qualità della sostanza organica.

Nello strato di suolo esplorato dalle radici sono presenti mediamente tra i 5 e 15 t ha⁻¹ di azoto, ma soltanto l’1-2 % risulta potenzialmente mineralizzabile e quindi direttamente utilizzabile dalle piante durante il loro periodo di crescita.

Il contenuto di azoto nel suolo disponibile per le piante viene assicurato, nel breve periodo, da biomassa in decomposizione e sostanza organica labile, esso è influenzato rapidamente dagli input organici (residui delle piante e letamazioni) nonché dalle tecniche di gestione del suolo (lavorazioni). L’azoto, a causa della sua

natura chimica e delle sue interazioni con le attività microbiche, si presenta nel suolo con differenti caratteristiche che ne condizionano fortemente la disponibilità per le piante. Infatti, l'azoto risulta suscettibile a perdite per lisciviazione dannose per l'ambiente; ma non solo può andare incontro a fenomeni di nitrificazione e denitrificazione che causano emissioni di ossido di azoto.

1.4.2. Gestione sostenibile dell'azoto

Le perdite di azoto dal sistema suolo-pianta-atmosfera non sono relative soltanto alla qualità del suolo, infatti, se le perdite di azoto non sono rimpiazzate attraverso una adeguata gestione dell'agroecosistema, la quantità totale a disposizione dell'accrescimento delle piante si esaurisce rapidamente compromettendo non soltanto la produttività dell'agroecosistema ma anche la qualità dei prodotti.

L'accumulo dell'azoto organico nel suolo è una caratteristica ambientale dell'ecosistema terrestre, e la comprensione dei meccanismi di regolazione del turnover della sostanza organica riveste grande importanza anche per la messa a punto di adeguate strategie per un maggiore accumulo e/o minore spreco.

Negli ecosistemi naturali, il ciclo dell'azoto si può considerare chiuso e le fonti esterne di azoto sono soltanto le deposizioni atmosferiche e la fissazione simbiotica da parte delle leguminose. Il ritmo, la stagionalità e la distribuzione spaziale dell'azoto mineralizzato è disponibile per le piante, inoltre determinano la composizione e la produttività della vegetazione. Al contrario, gli agroecosistemi rappresentano un sistema relativamente aperto rispetto all'azoto. La produzione, invece di costituire lettiera, viene asportata per il consumo o la vendita, quindi vi è la necessità di apportare input esterni per compensare l'azoto rimosso con il prodotto. Altre importanti differenze fra sistema naturale e antropizzato riguardano il turnover dell'azoto nel suolo, perchè la sostituzione dell'elevata biodiversità dei sistemi naturali con la monocoltura intensiva ha causato una forte richiesta di azoto soltanto nella fase di crescita della coltura. La gestione dei sistemi colturali intensivi, ha inoltre introdotto un disturbo meccanico al suolo incrementando ed esasperando i fenomeni di mineralizzazione.

Sebbene, i vari processi relativi al ciclo dell'azoto risultano essere simili, differiscono fortemente in termini quantitativi ma soprattutto per quanto riguarda la sincronizzazione fra disponibilità nel suolo e richiesta della pianta.

I risultati degli esperimenti di lunga durata hanno messo in evidenza la grande variabilità della richiesta in termini azoto delle colture, logicamente, le condizioni climatiche durante la crescita, la scelta della cultivar, la gestione del sistema, determinano l'efficienza dell'uso dell'azoto in un determinato sito.

Un miglioramento dell'efficienza dell'uso dell'azoto può essere ottenuto soltanto considerando attentamente il turnover dell'azoto nel suolo, in considerazione anche dell'azoto minerale, delle letamazioni, dei residui colturali e della gestione agronomica del sistema.

1.4.3. L'azoto nel sistema colturale

Tradizionalmente lo scopo della determinazione della dose di azoto ha sempre mirato all'ottimizzazione della produttività, del ritorno economico e della qualità, invece recentemente, dal punto di vista ambientale al contrario, sono state introdotte norme per la limitazione dell'impiego dei fertilizzanti azotati.

La via più facile per prevedere la richiesta in azoto da parte delle piante è una attenta valutazione della risposta produttiva a dosi crescenti di azoto, però a parte la difficoltà revisionale e, al contrario, la facilità nel fornire azoto nel momento più opportuno per la pianta, ulteriori sforzi vanno fatti nella misura e nella previsione della disponibilità azotata da mineralizzazione della sostanza organica, sia in termini di quantità assoluta che nel tempo.

L'azoto utilizzato dalle colture può provenire da diverse fonti; gli input azotati esterni rappresentati dalla fertilizzazione minerale, letame, reflui urbani, fissazione simbiotica, etc. invece per quanto riguarda l'azoto mineralizzato dal pool organico del suolo la provenienza è rappresentata principalmente dai residui colturali interrati (cover crops) e non dalla coltura precedente. La quantità di azoto disponibile in questo caso è fortemente legata sia al tipo che alla quantità di biomassa interrata.

Il valore dei residui colturali, letamazioni o altri ammendanti come fonte di azoto risulta essere molto variabile e moltissimi sforzi sono stati fatti per identificare i parametri che controllano i processi di mineralizzazione, i tentativi di correlare il tutto alle proprietà chimiche della sostanza organica di partenza sono parzialmente falliti in quanto tali processi non sono semplicemente determinati da contenuto in lignina, cellulosa ed in definitiva dalla composizione chimica, ma, soprattutto dalle proprietà chimiche del suolo e dalla gestione dello stesso. Il rapporto C:N della biomassa sembra non avere un peso determinante nella comprensione e determinazione del confine tra immobilizzazione e mineralizzazione durante il turnover dei residui colturali.

Il miglioramento dell'efficienza dell'uso dell'azoto, può essere incrementato attraverso una svariata serie di tecniche di gestione del sistema colturale, al fine di tarare gli input esterni con il reale fabbisogno della coltura, limitandone quindi gli sprechi (Epoca di somministrazione, Residui vegetali, letamazioni).

1.5 LA GESTIONE DEL SUOLO IN VITICOLTURA ATTRAVERSO LA PRATICA DELL'INERBIMENTO

La conduzione del vigneto in questi ultimi anni è oggetto di profondi ripensamenti. In passato, i processi produttivi che intervenivano nell'agrosistema miravano a modificare l'ambiente di coltivazione per renderlo il più possibile favorevole alla coltura ma poco si curavano delle ripercussioni che detti interventi spesso comportavano: in altre parole, la pianta coltivata era vista come il solo oggetto cui l'agricoltore rivolgeva le sue cure al fine di estrinsecarne al massimo le potenzialità. Questa è stata la logica che ha ispirato per decenni la pratica della monocoltura. Col tempo tuttavia ci si è resi conto che non si deve prescindere dai complessi equilibri naturali che stanno alla base del sistema "suolo-pianta-atmosfera" se si vogliono conseguire produzioni più salubri e nel contempo evitare il degrado ambientale. Si impone pertanto una valutazione più critica degli interventi colturali al fine di valorizzare le risorse dell'ecosistema. Ciò significa che una moderna gestione del suolo, non più rivolta esclusivamente a ridurre la concorrenza idrico-nutrizionale delle infestanti, deve affrontare anche una serie di problematiche, innescate da decenni di monocoltura:

- erosione dei terreni in pendio;
- calo della dotazione in sostanza organica del suolo;
- degrado delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del terreno che sono alla base della sua fertilità;
- impatto ambientale della concimazione minerale;
- eccessi di vigore e produzione con scadimenti qualitativi;
- fisiopatie indotte da squilibri nutrizionali e maggiore suscettibilità verso i patogeni;
- difficoltà di attuare programmi di protezione integrata per l'eccessiva semplificazione delle popolazioni di insetti ed acari

In ambienti con estati siccitose è necessario condurre il vigneto con operazioni colturali che eliminano la vegetazione spontanea, la quale, in un'epoca pre-erbicidi è stata eliminata esclusivamente con la lavorazione del suolo.

Negli ultimi anni, con l'introduzione degli erbicidi, la tecnica colturale ha segnato una notevole svolta, infatti, nel vigneto, grazie all'introduzione di queste sostanze chimiche è possibile controllare le infestanti senza ricorrere alle lavorazioni. Nella viticoltura italiana l'uso del diserbo chimico su tutta la superficie è poco diffuso, contrariamente a quello che accade in Francia. In Italia è molto diffuso l'abbinamento tra il diserbo chimico sulla fila e meccanico nell'interfila. Questa pratica è diffusa in

tutta la penisola, ma trova la sua massima applicazione nelle aree viticole centro-meridionali.

Un'altra tecnica colturale alternativa alle lavorazioni del suolo è rappresentata dall'inerbimento dell'interfilare al quale si abbinano la lavorazione lungo la fila oppure il diserbo o ancora la pacciamatura (Ferrini, 1995).

Senza la pretesa di generalizzare si pensi alle diverse tipologie di terreno e di clima, indicativamente, per il vigneto viene consigliata l'applicazione dell'inerbimento se le precipitazioni annue raggiungono i 600-700 mm con almeno 250 mm concentrati nel periodo maggio-agosto (Koeninger, 1983). Secondo Geiger nei terreni pesanti e profondi sarebbero sufficienti già 500 mm annui. In alcuni casi, tuttavia, viene segnalata una maggiore resistenza alla siccità delle viti, dopo 8-10 anni di inerbimento, rispetto ai vigneti lavorati (Humpel, 1984; Schwappach, 1979).

Accanto a queste innegabili limitazioni, che scaturiscono da decenni di esperienze nei paesi di lingua tedesca, risultano decisive anche le scelte riguardanti da una parte, l'entità della superficie del vigneto o frutteto da destinare all'inerbimento e dall'altra, il tipo di specie e varietà da impiegare per realizzare il cotico permanente.

Gli effetti positivi di tale tecnica vanno ricordati perché permettono il miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche e dell'attività biologica del terreno, la riduzione dell'erosione superficiale, l'aumento del tasso di sostanza organica; questi sono i vantaggi più vistosi della pratica dell'inerbimento in viticoltura. A questi già interessanti benefici bisogna poi aggiungere un aspetto spesso trascurato riguardante l'azione positiva nei confronti dell'entomofauna utile, la cui presenza riduce la proliferazione dei parassiti con ulteriore beneficio per la coltura in atto e per l'ambiente in generale.

1.5.1 Diffusione in Italia

L'inerbimento del suolo è una tecnica di gestione che tende ad aumentare e ad espandersi sempre di più tra le diverse modalità di gestione del suolo. I dati confermano che le superfici viticole inerbite in Italia sono aumentate nel corso degli ultimi anni passando dal 10,8% nel 1982 al 30% del 2008 con una tendenza ad

espandersi ulteriormente. Si assiste in Italia ad una grande differenza tra le superfici inerbite nell'Italia Settentrionale e quelle dell'Italia Meridionale, dove difficoltosa risulta l'affermazione di tale tecnica.

L'inerbimento ha avuto scarsissima diffusione negli ambienti meridionali in quanto è molto temuta la competizione idrica di un'eventuale copertura vegetale, data la scarsa piovosità estiva e l'elevata domanda evapotraspirativa delle colture. Tale concezione è stata rafforzata dal fatto che la prima tipologia di inerbimento applicata in Italia è stata l'inerbimento di tipo spontaneo. L'inerbimento permanente spontaneo, prevedendo la crescita spontanea delle essenze erbacee presenti nei diversi ambienti, se ben si addice alle condizioni climatiche dell'Italia settentrionale, non può essere utilizzata al meridione. Oggi i problemi relativi alla competizione idrica possono essere risolti o con l'applicazione di inerbimenti di tipo temporaneo o con una razionale scelta delle specie erbacee in funzione delle condizioni pedo-climatiche.

L'inerbimento del vigneto in Sicilia stenta comunque ad affermarsi per una scarsa informazione da parte dei viticoltori sui benefici che ne potrebbero trarre. Altro aspetto che ne ostacola la diffusione nell'immediato futuro è l'inadeguatezza del parco macchine della maggior parte delle aziende viticole, le quali sono sprovviste di seminatrici da interfilare.

Nonostante gli studi condotti sia a livello nazionale che regionale confermino gli effetti positivi dell'inerbimento, le superfici viticole inerbite in Sicilia, infatti, si attestano su valori di circa 1.600 ettari.

1.5.2 Inerbimento a confronto con lavorazioni e diserbo chimico: effetti sulla fertilità del suolo

La lavorazione del terreno e il diserbo chimico sono entrambe pratiche tipiche della monocoltura che fanno sì che la pianta coltivata possa disporre, incontrastata, delle risorse del terreno. In tali condizioni le produzioni conseguite sono elevate, ma spesso accompagnate da scadimenti qualitativi, squilibri a carico delle colture e peggioramenti nell'evoluzione della fertilità del suolo.

L'inerbimento, inteso come consociazione della specie erbacea con la coltura arborea, si propone come pratica alternativa, ecologica ed economica di conduzione del suolo: agisce, infatti, come "equilibratore" di tutti i fenomeni fisici, chimici e biologici che ruotano attorno al sistema terreno-pianta.

Numerose sono le ricerche che studiano l'influenza esercitata dalle tecniche di gestione del suolo sulle sue caratteristiche fisiche. L'inerbimento è stato introdotto all'inizio degli anni cinquanta nella viticoltura in pendio tedesca e francese allo scopo di proteggere i terreni dall'erosione. Quest'ultima sottrae al suolo coltivato i componenti più importanti, cioè, terra fine, sostanza organica ed elementi nutritivi, con conseguenze spesso devastanti dal punto di vista ecologico. Ricercatori tedeschi operando con pendenze variabili dal 10 al 32%, hanno riscontrato valori di scorrimento superficiale, in occasione dei temporali estivi, mai superiori all'1,8% dell'acqua di pioggia nei vigneti inerbiti in modo permanente, contro il 50% in quelli lavorati. Complessivamente, nel periodo maggio-dicembre 1989 l'entità delle perdite di acqua su suoli lavorati sono variate, a seconda della pendenza, dal 12,6 al 17,7%, contro uno 0,4% degli impianti inerbiti. Nelle stesse condizioni non si è praticamente avuta erosione nei terreni inerbiti (massimo = 3,1 Kg ha⁻¹), in raffronto alle 30-100 tonnellate a ha dei vigneti lavorati, in funzione della pendenza. In quest'ultimo caso, i compattamenti sulle tracce di passaggio delle macchine hanno indotto scorrimento superficiale e quindi asportazione di terreno, anche con precipitazioni di intensità modesta 12 mm/ora. Diversi sono i meccanismi attraverso i quali si esplica, direttamente o indirettamente, la funzione di difesa del cotico erboso permanente:

1. intercettazione della pioggia e conseguente protezione degli aggregati del terreno in superficie dall'azione battente delle gocce (Klik, 1991);
2. diminuzione della velocità della corrente e della conseguente forza di trascinamento dell'acqua superficiale, nonché imbrigliamento del terreno ad opera delle radici dell'erba (Geiger, 1984);
3. più veloce infiltrazione, grazie alla maggiore presenza e migliore distribuzione dei macropori (Homrighausen et al., 1979).

Nei terreni inerbiti, l'incremento nella dotazione in sostanza organica consente un aumento della capacità di ritenzione idrica nei primi 20-30 cm (VanLanen et al., 1992) e dell'acqua disponibile (Dorigoni et al., 1992). La portanza è resa maggiore

dalla presenza del cotico che assicura una protezione considerevole del suolo contro il costipamento e la conseguente degradazione della struttura, legati ai frequenti transiti delle macchine negli interfilari (Ruehling, 1991). Gli aggregati strutturali dei primi 10-15 cm di terreno infatti, sono resi più stabili dalla presenza dell'erba (Condei et al., 1991; Ochaba et al., 1991; Voekt et al., 1991) che ne induce pure una maggiore sofficità (Dorigoni et al., 1992), attribuibile al buon tasso di sostanza organica, nonché alla più efficace attività biologica (Sequi, 1979).

Il bilancio idrico del terreno, prescindendo dal consumo della coltura principale, risente sicuramente dell'evapotraspirazione del prato che, rispetto al suolo nudo, può risultare più o meno elevata +2% con *Festuca ovina*; +48% con *Lolium perenne* (Mueller, 1982). L'umidità del suolo risulta certamente inferiore nei vigneti inerbiti: almeno nei primi 20 cm del profilo, maggiore è il rischio di trovarsi, in estate, su valori prossimi al coefficiente di avvizzimento (Schaller, 1991); le precipitazioni di scarsa entità inoltre, sono direttamente perse per evapotraspirazione dal cotico. In realtà, il tipo e la durata dell'inerbimento, nonché la sua estensione su tutta o parte della superficie del vigneto, così come le condizioni pedoclimatiche del sito, condizionano in modo determinante il contenuto idrico del terreno.

Altrettanto numerosi sono i lavori che evidenziano gli effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche chimiche del suolo. In primo luogo è da segnalare come l'inerbimento degli interfilari sostituisca per certi versi le tradizionali rotazioni (Hofmann, 1988) e si sia affermato anche come pratica efficace per produrre il loco sostanza organica. Mantinger (1990) infatti ha trovato che in un frutteto dell'Alto Adige, inerbito in modo permanente sul 60% della superficie, con diserbo chimico sulla fila e 5 sfalci, si apportano ogni anno 4-5 t/ha di sostanza secca che contiene: 100-200 Kg di azoto, 20-25 di fosforo. 150-250 di potassio, 180-250 di fibra grezza. Da ciò risulta evidente che in molti casi con la sola pacciamatura si riesce a fornire al terreno un sufficiente quantitativo di elementi nutritivi rendendo così superflua una concimazione aggiuntiva. Una parte di questa massa pacciamata viene però trasformata in humus stabile, in funzione anche della frequenza degli sfalci. Questo emerge dai risultati di un'altra prova condotta dallo stesso autore, dove il contenuto in humus, dopo 10 anni, nella parcella senza diserbo sulla fila, con 3-4 sfalci/anno è salito da 2,1 a 2,8%, pacciamando invece 8-10 volte è salito da 1,3 a 1,4%. Nella parcella con diserbo

chimico il contenuto in humus è sceso da 1,5 a 1,4%, praticamente esso è rimasto invariato. In genere l'aumento di sostanza organica si avverte specialmente nei primi 20 cm del profilo (Dorigoni, 1992) ma col tempo è riscontrabile anche più in profondità (Soyer et al., 1984) ed è maggiore entità nel caso delle forme di inerbimento permanente, sia rispetto al sovescio che all'inerbimento temporaneo, in relazione al miglior coefficiente isoumico (Scienza et al., 1988). Strettamente correlata alla sostanza organica è la capacità di scambio cationico, che pure risulta incrementata nei terreni inerbiti (Fleck, 1979, Homrighausen et al., 1980). Studi di Schaller (1990) sulle dinamiche dei nitrati nel profilo 10-80 cm hanno evidenziato che in fine estate gli alti livelli di azoto dei vigneti lavorati, conseguenti alla forte mineralizzazione, vengono dilavati dalle piogge autunno-invernali. Nei vigneti inerbiti invece, le asportazioni di azoto nitrico dell'erba per il suo accrescimento si traducono in un utile "effetto tampone" che oltre ad ostacolare la lisciviazione evita pure quegli scompensi tra disponibilità e fabbisogni azotati che sono spesso causa, nella pianta coltivata, di maggiore suscettibilità verso malattie fungine e fisiopatie. D'altra parte, in mancanza di una concimazione supplementare di 70-80 Kg di azoto nell'anno di insediamento del cotico, possono manifestarsi con conseguenze negative sulla vite (Schaller, 1990); nel corso degli anni tuttavia, è stato riscontrato in generale un adattamento della coltura alla concorrenza del prato che spesso viene sfruttata per ridimensionare eccessi di vigore e di produzione (Sicher et al., 1992).

L'effetto della gestione del suolo sulla distribuzione degli apparati radicali della vite è stato preso in esame da numerosi autori. Secondo van Zyl (1988) le radici delle viti diserbate riescono a colonizzare anche i primi 20 cm di terreno. Invece, sia la lavorazione per il disturbo esercitato dagli organi lavoranti che, ancor più, l'inerbimento per la competizione del cotico, confinano l'apparato radicale al di sotto di tale profondità. Il numero di radici presenti in queste due tesi viene ridotto rispettivamente al 58,8 e 55,4% del totale della tesi diserbata. Sempre lo stesso autore evidenzia che nel lungo periodo dopo 8 anni, gli effetti negativi della lavorazione del suolo, in due esperienze condotte su terreni profondi, sabbio-limosi, si sono tradotti inizialmente in una minor crescita dei germogli e successivamente anche in un calo di resa.

Nei vigneti inerbiti, accanto all'incremento della sostanza organica, sono stati registrati aumenti di fosforo assimilabile e potassio scambiabile nei primi 60 cm di profondità del suolo. All'inerbimento è stato associato l'arricchimento degli strati più profondi del suolo in elementi poco mobili, P e K in particolare (Scienza e Valenti, 1983).

Complessivamente l'inerbimento tende a migliorare lo stato nutritivo della vite con diminuzione del livello di azoto e aumento di quelli di potassio e fosforo. In base alle esperienze sperimentali sulla gestione del suolo e sulle esigenze nutritive della vite è possibile ritenere che l'inerbimento possa portare a un agro-ecosistema vigneto quasi autosufficiente dal punto di vista dei nutrienti.

1.5.3 L'inerbimento nelle colture arboree

Il modo più semplice e più diffuso per ottenere lo sviluppo di un manto erboso sulla superficie degli interfilari di un vigneto, è quello di lasciar crescere la flora spontanea e sottoporla a periodiche sfalcature. Spesso tuttavia la comunità di specie erbacee autoctone rivela i seguenti limiti (Bauer, 1984):

1. copertura del terreno lenta e non uniforme;
2. scarsa protezione del suolo contro erosione e compattamento;
3. non tutte le avventizie sono egualmente utili, per gli elevati consumi idrici, l'eccessivo sviluppo in altezza o il pericolo di infestazione;
4. le specie più tardive sfruttano in modo inadeguato l'umidità dei mesi autunno-invernali.

Per queste ragioni si giustifica, nella realtà operativa, il ricorso alla semina di specie in purezza o di appropriati miscugli. In ogni caso bisogna riconoscere che il cotico erboso va considerato a tutti gli effetti una seconda coltura che comporta la sottrazione di acqua e la temporanea immobilizzazione di elementi nutritivi (che

comunque vengono restituiti dalla mineralizzazione della sostanza organica ottenuta con gli sfalci periodici dell'erba). Tale aspetto non va interpretato sempre e necessariamente in chiave negativa in quanto, a seconda del contesto operativo, è possibile sia attenuare tale concorrenza come pure sfruttarla per riequilibrare vigneti/frutteti troppo vigorosi, specialmente durante le fasi più delicate del ciclo vegetativo (allegagione, maturazione). L'inerbimento infatti ha la prerogativa di essere uno strumento estremamente flessibile, potendo l'agricoltore variare a piacere:

1. Le specie per inerbire (inerbimento spontaneo/con miscugli di specie-varietà foraggere/con miscugli di specie-varietà ad habitus vegetativo basso);
2. L'entità della superficie inerbita (inerbimento totale/a interfilari alternati)
3. La durata del cotico (perenne/solo autunno-primaverile).

1.5.4 Copertura vegetale permanente e temporaneo (sovescio)

Con la produzione integrata si vuole realizzare la migliore gestione dell'insieme dei fattori che ruotano intorno alla pianta e che interferiscono con la sua predisposizione ad ammalarsi. Anche in questo contesto, l'inerbimento sembra essere la tecnica colturale più adeguata. Oltre ai riconosciuti effetti positivi sul terreno, è noto, infatti, come esso consenta di contenere l'esuberanza vegeto-produttiva della pianta coltivata e di riflesso, la sua suscettibilità verso le malattie.

Un aspetto più recente riguarda l'influenza positiva della vegetazione erbacea sulla popolazione di artropodi del vigneto. Anche a questo proposito l'erbaio va visto come una seconda coltura consociata a quella arborea, pertanto, solo attraverso una gestione appropriata. È possibile valorizzare gli effetti positivi. In realtà, contrariamente agli altri interventi colturali trattamenti antiparassitari, concimazione, irrigazione, ecc. l'epoca e il numero degli sfalci vengono stabiliti il più delle volte secondo criteri empirici: per esempio nei momenti "morti" in cui non c'è altro da fare in azienda, oppure per far pulizia quando l'erba sembra troppo alta e per limitarne la competizione, comunque spesso con la convinzione che più si sfalcia meglio è. A questo proposito si ritiene opportuno richiamare l'attenzione su alcune conseguenze legate al ritmo di taglio. La durata del cotico è, in pratica alla scelta delle specie e

dell'estensione della superficie da inerbire, il terzo fattore su cui può intervenire l'agricoltore. Ovviamente, l'effetto competitivo dell'erba si fa sentire di più nel periodo estivo, mentre i suoi benefici si estendono all'intero arco dell'anno: si pensi, per esempio al periodo autunno-invernale, il cui il cotico ostacola il dilavamento dei nitrati, senza per questo interferire con la coltura. In quest'ottica si inserisce validamente la pratica dell'inerbimento temporaneo, che trova applicazione nei casi in cui le precipitazioni annue siano scarse o mal distribuite e si voglia usufruire, almeno in parte, dei vantaggi dell'inerbimento. Su aree particolarmente secche si può, al limite, inerbire solo metà della superficie dell'impianto (interfilari alternati). In ogni caso è possibile lasciar crescere la flora avventizia o seminare appositamente, tra metà agosto e fine settembre, delle specie in purezza o consociate, per poi interrompere la competizione del cotico a fine maggio-primi di giugno con una lavorazione superficiale. Anche se da una parte il rendimento in humus stabile della biomassa giovane è basso, dall'altra, proprio l'interramento di questa materia organica molto fermentescibile (rapporto C/N stretto) stimola la vita microbica del suolo (Paillard, 1988). Nei nostri ambienti sono utilizzabili specie microterme a ciclo breve, che in autunno germinano e ricoprono il terreno.

1.5.5 Scelta delle specie da utilizzare come cover crop

La scelta della specie è legata alla capacità di tollerare stress molto profondi e di ogni tipo fino a sopportare numerosissimi tagli all'anno oltre ad un uso intenso.

In particolare le principali caratteristiche richieste alle cover crops sono: la velocità di insediamento, l'accrescimento (biomassa prodotta), il comportamento invernale ed estivo, l'epoca della ripresa vegetativa, la resistenza alla siccità e alle basse temperature, la resistenza alle malattie, la competitività con le infestanti, il fabbisogno idrico-nutrizionale, la resistenza al calpestio. La consociazione delle specie e/o varietà nel miscuglio deve portare all'ottenimento di parti con determinati requisiti di base: rapido insediamento, competitività verso le infestanti, bassa manutenzione e resistenza al calpestamento.

Accanto a questi caratteri verranno prese in esame, volta per volta a seconda delle condizioni pedoclimatiche ed agronomici i seguenti aspetti:

- moderata concorrenza idrico-nutrizionale verso la coltura;
- contenimento dell'esuberanza vegeto-produttiva della coltura arborea;
- durata nel tempo
- tendenza a lasciarsi penetrare, da specie autoctone al fine di promuovere maggiore diversità floristica:
- introduzione di ulteriore complessità nella cenosi del prato arricchendo i miscugli con specie Dicotiledoni.

Per arrivare a determinare il grado di attitudine di specie-varietà ad un certo tipo di utilizzazione, e quindi "usarle" convenientemente è necessario conoscere a fondo le principali caratteristiche delle specie. Questo è solo un primo passo, il successivo è quello di esaminare caratteri e quindi attitudini delle corrispondenti varietà.

1.5.6. Effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche fisiche del suolo

La gestione del suolo mediante la presenza di una cover crop influisce sulle caratteristiche fisiche dei terreni. Diverse ricerche hanno confermato che, rispetto ai terreni lavorati, quelli inerbiti presentano aggregati strutturali più stabili e quindi meno facilmente erodibili dall'acqua (Vignozzi et al., 1997; Pellegrini et al., 1999). Nell'ambito degli inerbimenti artificiali le graminacee sono apparse più efficaci nei terreni argillosi, mentre in quello franco-argilloso una leguminosa annuale autoriseminante come il trifolium sub-terraneum ha fornito buoni risultati. E' probabile che l'azione favorevole dell'inerbimento sulla struttura sia legata alla presenza di essudati radicali oltre che alle sostanze colloidali e all'humus derivato dalla decomposizione degli apparati radicali e della biomassa apportata al terreno con il sovescio della cover crop. Anche la porosità degli strati superficiali del terreno, positivamente correlata alla sua stabilità, è influenzata dalle modalità di conduzione del suolo, infatti, risulta più elevata in un terreno inerbito rispetto ai terreni lavorati

(Dorigoni et al., 1992; Pellegrini et al., 1999 e 2003). La presenza della copertura vegetale dei suoli può ridurre la formazione di profonde ormaie e il costipamento esercitato dal ripetuto transito dei mezzi meccanici.

Il miglioramento delle caratteristiche fisiche del suolo e la conseguente limitazione dei fenomeni di compattamento particolarmente evidenti nei terreni argillosi potrebbero essere tra i principali responsabili della scomparsa di sintomi di clorosi quando i vigneti sono inerbiti.

Nei terreni inerbiti la temperatura del suolo presenta oscillazioni meno ampie che nel terreno lavorato; mentre durante la primavera e l'estate, il riscaldamento è più graduale e la temperatura si mantiene più bassa (Giulivo et al., 1992).

1.5.7 Effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche chimiche e biologiche del suolo

Le modalità di gestione del suolo influenzano le caratteristiche chimiche. In particolare, rispetto alle lavorazioni, l'inerbimento può aumentare il contenuto di sostanza organica del terreno e di conseguenza può contribuire a migliorare la struttura con effetti positivi sulla permeabilità e sulla capacità di ritenzione idrica, nonché sulla microflora terricola e sugli scambi gassosi del suolo.

L'aumento di sostanza organica si riscontra nella parte più superficiale del terreno inerbito, dove è concentrato lo sviluppo dell'apparato radicale delle specie erbacee e dove si risentono gli effetti della pacciamatura organica prodotta dalle trinciature.

L'aumento della sostanza organica ha riflessi positivi sulle condizioni nutritive del terreno e, in generale, risulta migliorata la distribuzione in profondità degli elementi poco mobili, soprattutto fosforo, potassio e magnesio. In terreni inerbiti il processo di umificazione e la stabilità dell'humus risultano molto simili a quello che si ottiene con la tradizionale fertilizzazione organica.

La presenza del cotico determina, inoltre, una disponibilità più regolare degli elementi nutritivi nel tempo. Per l'azoto in particolare questo fenomeno è importante perché può limitare la lisciviazione e quindi l'inquinamento delle falde, inoltre, può frenare gli eccessi di disponibilità che possono essere negativi in certe fasi del ciclo produttivo della vite (Neyrod e Parisot, 1983). Il continuo rinnovo delle radici da

parte delle piante erbacee comporta un abbassamento del pH che è molto utile, soprattutto nei terreni calcarei, favorendo la disponibilità di elementi sia macronutritivi quali fosforo e potassio, sia micronutritivi come il ferro (Kadish, 1986). Questo fenomeno, assieme al miglioramento della stabilità e della porosità spiegherebbe la scomparsa di manifestazioni di clorosi che è stata ripetutamente osservata in seguito all'introduzione dell'inerbimento nei vigneti (Bueret e Neury, 1990). L'inerbimento ha effetti positivi anche sulla microflora e sulla fauna terricola. Nei vigneti inerbiti sono stati riscontrati aumenti rilevanti nelle popolazioni di numerosi organismi eterotrofi importanti nei processi di umificazione della sostanza organica. Le popolazioni di micro e macrorganismi utili e/o indifferenti aumentano con l'inerbimento sia come densità che come numero di specie, mentre risultano limitate quelle dannose (Forti et al., 1993).

1.5.8 Effetti dell'inerbimento sul contenuto dei nitrati nel suolo

La dinamica della disponibilità dei nitrati nel suolo è influenzata dalle modalità con cui questo viene gestito. Le lavorazioni favoriscono la mineralizzazione della sostanza organica e portano alla formazione di nitrati che non vengono trattenuti nel terreno. Un'aratura dopo la vendemmia porta ad un consistente aumento dei nitrati, che però durante il periodo autunno-invernale saranno abbondantemente persi per lo scarso assorbimento radicale e per la lisciviazione da parte delle piogge (Schaller, 1991).

L'inerbimento è una tecnica di gestione del suolo capace di mantenere la fertilità del terreno evitando la lisciviazione dei nitrati. I nitrati sono degli inquinanti derivanti da fonti diffuse, anche dall'agricoltura e soprattutto dalle aziende di allevamento. L'Unione Europea ha deciso di intervenire con la direttiva 91/676/CEE che impone a tutti gli Stati membri di limitare l'accumulo di nitrati. I nitrati nelle acque e nei terreni sono, infatti, un problema molto preoccupante. L'Italia con il DL 152/99 e successive integrazioni, si è posta l'obiettivo di ridurre l'inquinamento delle acque causato direttamente o indirettamente dai nitrati di origine agricola e di prevenire qualsiasi ulteriore inquinamento.

In applicazione alla suddetta legislazione anche le Regioni hanno individuato nel proprio territorio le “zone vulnerabili” e hanno definito i programmi di azione obbligatori per gli agricoltori da applicare all’interno di tali aree. Anche la regione Sicilia sulla base delle conoscenze delle caratteristiche dei suoli ha valutato la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde e superficiali, realizzando una carta Regionale delle Zone Vulnerabili da Nitrati di Origine Agricola

Dall'analisi della cartografia emerge che le zone vulnerabili occupano una superficie di 138.012 ettari, pari al 5,4% della superficie regionale e che corrisponde all'8,5% della superficie agricola.

Le zone vulnerabili sono per la maggior parte localizzate nelle poche aree pianeggianti dell'isola, generalmente su superfici caratterizzate da suoli permeabili con capacità di ritenzione idrica bassa o media e da un uso agricolo intensivo ed irriguo. Al fine della tutela delle risorse idriche dall'inquinamento provocato dai composti azotati nelle zone vulnerabili così come individuate nella “Carta della vulnerabilità all'inquinamento da nitrati di origine agricola” sono di obbligatoria applicazione le misure vincolanti descritte nel Codice di Buona Pratica Agricola. Il programma di azione nel caso di terreno con pendenza superiore al 7% obbliga le aziende a mantenere una copertura del suolo tramite vegetazione spontanea o attraverso l'inserimento di colture intercalari o di copertura (c.d. cover-crops) qualora le condizioni climatiche lo consentano. L'inerbimento può infatti essere considerata una tecnica di gestione del suolo ottima per evitare la lisciviazione e rendere l'azoto disponibile alle piante e nello stesso tempo ne limita le concimazioni azotate.

Ottimi risultati si possono ottenere ricorrendo a delle coltivazioni atte a trattenere i nitrati, e non solo, denominate “catch crops”, (colture che catturano); le loro radici, infatti, sono particolarmente abili nell'assorbire sia l'acqua che i nitrati presenti nel terreno, impedendone l'entrata in falda. Questi nitrati bloccati in queste piante, successivamente, mediante il sovescio renderanno disponibile l'azoto, conseguentemente alla mineralizzazione.

1.5.9 Effetti dell'inerbimento sull'erosione

L'erosione del suolo consiste nel distacco e nell'allontanamento di particelle solide dalla sua superficie, tale azione può essere dovuta al vento, all'acqua o ad altri agenti zonali. I processi di degradazione del suolo interessano circa il 35% della superficie delle terre emerse e in particolare nelle aree coltivate. Nelle aree coltivate sono stati, infatti, effettuati cambiamenti drastici nell'uso del suolo e le superfici, invece di essere coperte con una naturale copertura erbacea, in relazione alle fasi vegetative delle colture impiantate, risultano nude ed esposte all'azione degli agenti atmosferici. Per effetto dell'erosione diminuiscono, negli orizzonti superficiali del suolo, la sostanza organica, l'argilla e le altre frazioni colloidali; si riducono lo spessore utile per le radici delle piante, la riserva di nutrienti e la capacità in acqua utile. Inoltre, acidificazione, lisciviazione, eutrofizzazione, perdita di attività biologica, sono processi di degradazione del suolo favoriti o aggravati dall'erosione. L'erosione, del resto, è un fenomeno naturale che appartiene al normale ciclo di vita della terra e non è del tutto annullabile; il vero pericolo sta invece nell'erosione accelerata che, quando innescata, è difficilmente contrastabile. Ogni anno si perdono circa 23 miliardi di tonnellate di suolo in eccesso rispetto a quello che si riesce a formarsi per opera dei processi pedogenetici. Contribuiscono maggiormente al processo globale di erosione quelle zone i cui terreni sono disturbati dalle lavorazioni e da tutte le operazioni colturali. Normalmente, nelle aree agricole, si ha una perdita annuale di suolo fertile di circa 10 tonnellate per ettaro; per contro, la velocità di formazione del suolo fertile è bassa, non più di 2-3 tonnellate per ettaro all'anno e ancora meno nelle regioni aride. Nel nostro paese circa il 77% del territorio è soggetto al rischio di erosione accelerata, anche a causa della mancanza di misure conservative del suolo (sistemazioni idraulico agrarie, drenaggi, inerbimenti) e dell'aumento dell'erosività delle piogge, che presentano eventi estremi. Nelle regioni aride e semi-aride della terra l'erosione eolica può essere un grave problema, mentre nelle regioni temperate, come il nostro Paese, i rischi maggiori sono connessi con l'erosione idrica superficiale. Il ruscellamento dell'acqua lungo la superficie topografica può innescare, secondo l'intensità delle precipitazioni, tre tipi di fenomeni erosivi: Sheet erosion dovuta alla formazione di un velo d'acqua di pochi millimetri che scorre sulla superficie del suolo; è la forma

erosiva prevalente; Rill erosion dovuta alla formazione sulla superficie di una fitta rete di cataletti della larghezza di pochi millimetri; Gully erosion dovuta alla formazione sulla superficie di fossi dell'ampiezza di parecchie decine di centimetri.

Lo studio dell'evoluzione nel corso del tempo di tali fenomeni si rende dunque indispensabile per comprendere l'entità dello sconvolgimento introdotto nel ciclo naturale. La valutazione del valore complessivo di perdita di suolo con l'uso di modelli previsionali risulta complessa. Tra questi modelli quello largamente diffuso, particolarmente adatto per quelle aree in cui prevale il fenomeno di sheet erosion, è quello proposto da Wischmeier e noto come USLE.

In termini matematici il modello USLE è esprimibile nel seguente modo:

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

in cui A è la perdita annua di suolo in t/ha; R è il fattore climatico o indice di aggressività della pioggia, K è il fattore erodibilità del suolo che esprime l'attitudine intrinseca del suolo ad essere eroso; L e S sono i due fattori topografici, denominati rispettivamente lunghezza e pendenza della pendice; C è il fattore colturale che interpreta gli effetti del tipo di utilizzazione del suolo; P è il fattore di pratiche antierosive ed esprime l'influenza sulla perdita di suolo della particolare disposizione delle colture impiantate e degli interventi sistematori eventualmente realizzati.

L'uomo, al fine di contenere i processi di erosione accelerata, può intervenire nel breve periodo modificando soltanto i fattori C e P. Rientra tra le pratiche antierosive la tecnica dell'inerbimento del suolo. La copertura vegetale assorbe, infatti, parte dell'energia cinetica delle gocce attenuandone l'azione battente e rallenta l'afflusso dell'acqua sul terreno allungando il periodo di deflusso superficiale e profondo della stessa.

Ferro e altri autori in un lavoro condotto su un vigneto siciliano, applicando l'equazione USLE, hanno ricavato il coefficiente C per diverse modalità di gestione del suolo.

In entrambi gli anni presi in esame, 1996-1997 e 1997-1998, il fattore C è risultato maggiore nella gestione del suolo convenzionale, rispetto all'inerbimento naturale e all'inerbimento con veccia. Altri autori, per valutare gli effetti positivi dell'inerbimento sull'erosione superficiale del terreno, hanno condotto delle prove confrontando l'inerbimento e la lavorazione con arature e fresature. Le prove sono

state svolte su un vigneto, con filari disposti a rittochino su pendenze del 25% circa. Con l'analisi, in diversi campioni dell' acqua torbida defluita dalle tre parcelle e dei contenuti in terra si evince che il deflusso è passato da 93,4 mm nel terreno arato, a 89,2 mm in quello fresato e a 48,4 mm nell'inerbito. Il contenuto medio in terra è stato simile nel terreno arato e in quello fresato (7.2 e 6.9 g/l) e decisamente inferiore nel terreno inerbito (2,9 g/l).

1.5.10 Effetto dell'inerbimento sullo sviluppo vegetativo, produttività della vite e qualità dell'uva.

L'inerbimento influenza, pur se con differenze nei diversi areali viticoli italiani ed esteri, le caratteristiche vegetative, la produttività e quindi la qualità dei mosti. L'allungamento dei germogli è condizionato dalle modalità di gestione dei suoli, infatti, nei vigneti inerbiti il loro ritmo di crescita è più ridotto. L'inerbimento sia spontaneo che artificiale, di norma, provoca rispetto alle tradizionali lavorazioni una riduzione del vigore della pianta e del livello di produttività: fatto estremamente positivo soprattutto per la nuova viticoltura caratterizzata da elevate produzioni eccedenti i limiti imposti dai disciplinari di produzione.

Questa riduzione della crescita è da considerare positiva se consente un più equilibrato sviluppo della chioma che si traduce in germogli che raggiungono lunghezze di 120-130 cm e superficie fogliare sufficiente a mantenere. Gli effetti restrittivi della crescita delle viti nella maggior parte dei vigneti inerbiti sono la conseguenza della competizione per l'acqua e l'azoto (Smart, 1991). Il contenimento della vigoria indotto dal cotico, nel "sistema vigneto", determina variazioni al microclima della chioma. Il contenimento del vigore vegetativo causato dall'inerbimento ha un effetto positivo su altri fattori come la possibilità di ridurre le distanze sulla fila e quindi di migliorare l'esplorazione radicale del suolo; permette di raggiungere in meno tempo la forma definitiva e riduce gli squilibri metabolici frequenti se la pianta è espansa .

Anche la produttività della vite viene influenzata dall'introduzione dell'inerbimento, infatti, questa tecnica di gestione del suolo determina un abbassamento della produzione anche in funzione degli andamenti stagionali. Un insieme di esperienze

sulla gestione del suolo ha fatto rilevare che la flessione produttiva è maggiore negli inerbimenti costituiti di recente (Bertamini et al., 1999). Si può ritenere che in vigneti inerbiti da tempo gli apparati radicali abbiano avuto modo di esplorare anche strati più profondi di terreno e che l'arricchimento in sostanza organica del suolo consenta la costituzione di riserve idriche maggiori.

L'inerbimento è la tecnica di gestione del suolo più efficace nell'abbassare la vigoria e lo sviluppo complessivo della chioma che nel ridurre la produzione dell'uva.

In molte sperimentazioni sono state registrate diminuzioni dell'indice di equilibrio fisiologico rappresentato dal rapporto uva/legno in risposta all'introduzione dell'inerbimento. Le modifiche indotte dalla gestione del suolo sulla crescita e sullo sviluppo della chioma e le variazioni a carico della quantità di uva prodotta portano modifiche della qualità dell'uva, che in alcuni casi coinvolgono la gradazione zuccherina dei mosti. Riguardo l'influenza dell'inerbimento sull'espressione aromatica dei mosti le ricerche mostrano diversi risultati in funzione della modalità di gestione, della specie erbacea utilizzata e del terroir.

Baldoni et al, Colugnati et al, Fontana e Castellari in diversi lavori hanno dimostrato che l'inerbimento con graminacee ha comportato una diminuzione del peso del grappolo e dell'acino. Di conseguenza si sono riscontrati effetti positivi sul rapporto buccia/polpa, un aumento del grado zuccherino, di polifenoli e antociani e una diminuzione dell'acido malico.

La competizione del prato sulla vite se esasperata può comportare effetti negativi durante la fase di vinificazione. Da alcuni lavori di Murisier si evince che un eccessivo livello competitivo provoca una riduzione del contenuto in azoto nelle foglie e nei mosti. In modo particolare la carenza azotata può essere responsabile di difficoltà da parte dei lieviti a portare a termine la fermentazione e i vini si caratterizzano per profumi snaturati e per sapori di astringenza e amaro. Sicher (1989) studiando gli effetti del tipo di gestione del suolo sulla qualità dell'uva, ha osservato in vigneti completamente inerbiti una iniziale riduzione della vigoria e della produzione, senza peraltro riscontrare un guadagno importante nella qualità. Secondo questa ricerca, l'acidità del mosto tende ad essere più bassa, in quanto si verifica una più rapida ed intensa degradazione degli acidi a seguito del blocco di vigore che si verifica dall'inizio del periodo di maturazione. Col passare del tempo però, questi

fenomeni sembrano attenuarsi. Prove eseguite in Francia, nella valle della Loira, dimostrano infatti che, dopo dieci anni di inerbimento, le rese produttive non sono più influenzate negativamente dal cotico erboso e i vini rivelano anzi caratteristiche superiori rispetto a quelli ottenuti da uve provenienti da vigneti lavorati. In una prova condotta in Piemonte, sulle cultivar Barbera e Freisa, emerge la minore vigoria (produzione di legno di potatura) della tesi inerbita rispetto a quella lavorata. La minore vigoria determina un numero di germogli e di grappoli inferiore nell'inerbito, e una conseguente riduzione della produzione. Nella tesi inerbita si è notato che il tenore zuccherino tende ad aumentare specialmente nella cultivar Freisa.

L'acidità totale risulta costante anche se più elevata nella Freisa. L'indice di maturazione (rapporto tra tenore zuccherino in g/L e acidità totale in meq/L) risulta peggiore nell'inerbito, mentre la produzione di zucchero per ceppo risulta solo tendenzialmente inferiore. La strategia di gestione del suolo ha provocato nei vini una diversificazione della percezione aromatica: i vini ottenuti da parcelle lavorate presentano una maggiore intensità dei descrittori del vegetale e una minore intensità dei caratteri floreali e fruttati.

Altri studi, condotti su Prugnolo in zona Brunello di Montalcino, che hanno messo a confronto la gestione con l'inerbimento con *Festuca arundinacea* e *Trifolium subterraneum*, hanno dimostrato che i mosti delle tesi inerbite avevano un maggiore tenore in zuccheri e acido tartarico e un minore contenuto in acido malico. Inoltre, l'intensità colorante è risultata favorevolmente influenzata dall'inerbimento. Per quanto concerne le componenti aromatiche si è osservato un incremento del 2-3butandiolo e dell'alcol isoamilico e una minore presenza del lattato di etile.

Da varie esperienze bibliografiche si evince, comunque, che la presenza di inerbimento, in modo particolare se permanente, induce a una diminuzione dell'acidità totale dei mosti. La diminuzione dell'acidità totale è essenzialmente dovuta alla diminuzione dell'acido malico; l'inerbimento, infatti, accorcia il ciclo vegeto-produttivo e fa anticipare la maturazione.

L'acido malico è presente in quantità maggiori nelle uve acerbe e in quelle raccolte nelle regioni fredde, ed è importante in quanto è il substrato della fermentazione malolattica. La sua presenza in un vino bianco consente di conservare per molto tempo la propria freschezza grazie ad un'acidità più elevata, permangono quindi a

lungo le sensazioni di fruttato e le caratteristiche cromatiche. Se l'acido malico supera i valori ottimali compresi tra 0,5 e 5 g/l il vino risulta acerbo e allappante con notevoli caratteristiche di aggressività.

Altro componente importante dell'acidità totale di un vino è l'acido tartarico. Difficilmente può essere attaccato dai batteri e conclusa la fermentazione può precipitare sottoforma di bitartrato di potassio, sale insolubile in etanolo a bassa temperatura. E' presente mediamente con una concentrazione di 4-5 g/l.

Conoscere l'acidità del mosto e poterla gestire anche con tecniche di coltivazione quali l'inerbimento può essere un passo importante per l'industria enologica. Nonostante, infatti, le possibilità di intervento sull'acidità finale di un vino siano diverse, il loro impatto reale sulle caratteristiche generali di un vino è sempre difficile da quantificare con una certa precisione. Inoltre l'acidificazione di un vino con aggiunta di acido tartarico è possibile ma entro certi limiti legali pari ad un totale di 4 g/l nelle varie fasi di vinificazione. La disacidificazione è altresì ammessa e può essere effettuata con l'aggiunta di tartrato neutro di potassio, con bicarbonato di potassio o di calcio, entro un limite massimo di 1 g/l espresso in g/l di acido tartarico.

1.5.11. Economia dell'inerbimento

Il contenimento dei costi attraverso la razionalizzazione delle tecniche di produzione è un aspetto di crescente importanza in un'epoca in cui l'agricoltura, specialmente nelle zone difficilmente meccanizzabili come quelle in pendio, vede assottigliarsi i margini di profitto e nel contempo sente l'esigenza di utilizzare mezzi di produzione che necessitino di minori input energetici. A questo proposito, un'indagine economica in frutteti del Friuli Venezia Giulia e dell'Emilia Romagna, conferma che la tecnica dell'inerbimento permanente, abbinata alla pulizia del sottofila risulta essere la più conveniente, indipendentemente dall'ampiezza dell'azienda. Il computo delle spese evidenzia come la completa assenza di inerbimento ha comportato, per ciascun chilogrammo di prodotto, incrementi di costo non trascurabili, pari a 7,37 L/Kg, corrispondenti a 184.164 L/ha per una resa di 2,5 t Ha⁻¹. Analogamente, per il vigneto, Ziegler (1982) ha individuato un fabbisogno medio di lavoro per la gestione del suolo

pari a 38,5 ore/Ha/anno con la lavorazione, contro le 21 dei vigneti inerbiti in modo permanente. Le operazioni di gestione del cotico inoltre sono meglio ripartite nel corso della stagione (aprile – settembre), a differenza della lavorazione che comporta delle punte di lavoro tipicamente in maggio e in luglio (Schneckenburger, 1982).

Accanto a questi aspetti, strettamente economici, l'inerbimento offre, rispetto alla lavorazione convenzionale, altri indiretti vantaggi, più difficilmente monetizzabili ma non meno importanti: nessun costo per il riporto sul terreno dei materiali erosi e la reintegrazione delle sostanze nutritive asportate; risparmio sulle spese per l'acquisto e la distribuzione dei concimi organici; minori depressioni della produzione indotte da compattamenti, clorosi, ecc.

1.6. INTERRAMENTO DEI SARMENTI

Per alcuni anni i sarmenti vennero bruciati, a capo dei filari, facendone dei falò con pericolo d'incendio non sempre trascurabile e con una distruzione quanto mai illogica di materia organica, che potrebbe essere utilizzata nelle regioni viticole dove i concimi organici scarseggiano e si pagano a caro prezzo. Si è diffusa l'abitudine di lasciarli sul filare e poi trinciarli con trincia sarmenti a coltelli o martelli.

Effetti positivi sono riscontrati sulla struttura fisica del terreno con maggiore areazione e aumento della capacità idrica. Un grado elevato di frantumazione è molto importante in quanto favorisce i processi di umificazione e la lignina rallenta l'utilizzazione da parte della cellulosa. D'altra parte i tannini e i fenoli contenuti nei tralci, che possono utilmente limitare la germinazione dei semi e contenerne lo sviluppo, esplicano una azione antibiotica sui funghi e hanno destato qualche preoccupazioni per un possibile effetto inibitore sulla vite. L'azione dei fattori climatici, oltre a quella dei microrganismi porta a un attivazione di quelle sostanze prima che esse giungano a contatto con le radici della vite.

Alla triturazione dei tralci si aggiungono altre tecniche colturali come l'interramento lieve nei terreni sciolti, da risultati positivi come l'apporto di sostanza organica e elementi minerali, miglioramento della struttura del suolo e la riduzione delle erbe infestanti

La trinciatura dei sarmenti nel vigneto tende a soddisfare due esigenze fondamentali: la dispersione di sostanza organica utile e contenere i costi per allontanare i sarmenti. Questo tipo di utilizzazione dei sarmenti negli anni si diffonde sempre di più in tutte le zone vitate del mondo. L'introduzione della potatura meccanica invernale rende difficile la raccolta dei sarmenti e più agevole la trinciatura in campo. Considerando l'attualità e le prospettive di questa utilizzazione si ritiene utile esaminare separatamente sul terreno e sulla vite. Il contributo dei tralci come sostanza organica e elementi minerali: i composti organici che costituiscono i tralci sono la cellulosa (37-40%), la lignina (20-25%), gli zuccheri, l'amido ecc. Le ceneri variano dal 2,2 al 2,6 %. Secondo Schrader (1973) il fabbisogno annuo in sostanza organica di un vigneto, espressa in sostanza secca, varia in funzione del clima, giacitura, frequenza delle lavorazioni, ecc., e si aggira da 35 a 70 q.li/ha in terreni tendenzialmente sciolti,

che corrispondono a circa 200-400 q.li di letame. Con i tralci si apportano mediamente dagli 8 ai 15 q.li/ha/anno di sostanza organica secca e quindi si può coprire circa $\frac{1}{4}$ del fabbisogno annuale di sostanza organica; la differenza potrà essere integrata con letame, sovesci, torba, composte. La quantità di tralci annualmente prodotti in un vigneto è legata alla forma d'allevamento, al vigneto, all'ambiente e varia da un minimo di 16 q.li nell'alberello ad un massimo di 60 q.li nella pergola doppia; le medie si aggirano sempre tra i 23-44 q.li/ha. Tenendo presente che la percentuale media di acqua presente nei tralci è di circa il 50%, le quantità in sostanza secca variano da 12 a 22 q.li/ha. È interessante rilevare che la quantità globale prodotta ad ettero e la percentuale di sostanza secca dei tralci diminuisce con la produzione di uva. Anche l'apporto in elementi minerali non è insignificante, infatti si rileva che annualmente e mediamente per le varie forme di allevamento italiane si riportano all'incirca: 6,5-21 kg/ha di N; 1-4,6 kg/ha di P_2O_5 ; 7,5-24 kg/ha di K_2O ; 6-23 kg/ha di Ca; 1,1-4,5 kg/ha di Mg; in totale la restituzione di macroelementi varia da 22 ad 80 kg/ha/anno ed a seconda degli elementi può rappresentare il 10-30 % dei consumi globali di un vigneto. Per i microelementi con la trinciatura dei tralci si possono riscontrare i seguenti apporti annuali al terreno: 76-310 gr/ha di Fe; 16-97 gr/ha di B; 29-179 gr/ha di Mn; 70-100 gr/ha di Zn; 60-80 gr/ha di Cu; 0,2-0,4 gr/ha di Co. Per gli oligoelementi l'apporto è invece determinante, perché rappresentano circa il 30-50% dei consumi dei microelementi, i quali vengono pertanto restituiti almeno per $\frac{1}{3}$ dai tralci. È necessario precisare che gli elementi presenti nei tralci non sono prontamente assimilabili dalla pianta, ma in particolare per i microelementi la loro presenza sotto forma di legami organici è di ostacolo alle insolubilizzazioni ed ai dilavamenti e pertanto garantisce un migliore assorbimento a lungo termine. Va inoltre segnalato che i prodotti di degradazione dei tralci favoriscono l'assorbimento del ferro. I sarmenti finemente macinati sono incorporati con più facilità nel terreno e sono demoliti più velocemente dai batteri e funghi. Il grado di frantumazione dei tralci è fondamentale per la loro umificazione e quindi per poter influire tangibilmente sulle caratteristiche fisico-chimiche dei terreni. Anche una certa loro incorporazione nel terreno facilita la degradazione, soprattutto perché impedisce una eccessiva perdita di umidità, necessaria per l'attività batterica e fungina. Da ricerche di Jacquet e Barchet

(1964) si osserva che dopo 8 mesi dalla trinciatura, i tralci rimasti alla superficie nell'interfilare e frequentemente rimossi dalle lavorazioni si presentano poco alterati e secchi, quelli rimasti sul filare in prossimità dei ceppi e leggermente interrati erano invece più degradati e presentavano diminuzione del rapporto C/N, che indica un inizio del processo di umificazione, mentre i tralci che erano stati interrati più profondamente nell'interfilare e soggetti a compressione non presentavano alcuna variazione del rapporto C/N. In terreni argillosi ed asfittici, che si mantengono nell'anno frequentemente umidi, la decomposizione dei tralci è molto lenta perché l'attività batterica in simili condizioni è molto ridotta. In questi terreni anche per il compattamento causato dal passaggio delle macchine, vi è il rischio di marciumi radicali e quindi diviene buona norma associare la trinciatura dei sarmenti all'inerbimento, il quale facilita anche la degradazione dei sarmenti. Affinché i sarmenti possano esplicare interamente i loro benefici è necessario che siano sufficientemente umificati e benché il loro contenuto in cellulosa (36-52%), sia tale da rappresentare una fonte energetica sufficiente per i batteri, la lignina (23-26%) esplica un'azione incrostante nei riflessi della cellulosa e ne rallenta l'attacco. Non è però solo questa la causa della lentezza con la quale essi vengono normalmente degradati, ma anche per il loro contenuto in fenoli e tannini, i quali svolgono un'azione antibiotica estesa anche a livello dei funghi, condizionandone notevolmente il loro sviluppo e la loro attività. Gli effetti positivi più noti ed appariscenti sono quelli sulla struttura fisica del terreno, per l'aumento della capacità idrica e della aerazione in conseguenza dell'incremento degli aggregati glomerulari e della stabilità all'acqua. Tutto ciò favorisce l'accrescimento radicale e l'attività del capillizio assorbente. Questo effetto è peraltro limitato allo strato più superficiale ed è riconducibile a quello ottenuto con la pacciamatura che, se attuata contemporaneamente, esalta gli effetti dei tralci. Rispetto al sovescio i tralci tritati garantiscono un apporto di humus più durevole e nei terreni soggetti ad erosione il cuscinetto, dei tralci sminuzzati, costituisce un drenante superficiale che evita ruscellamenti e smottamenti. Analogamente a quanto avviene per il mülch, si ha inoltre una riduzione delle perdite di acqua per evaporazione ed un minor dilavamento degli elementi minerali negli strati profondi. L'ottenimento di questi vantaggi non sembra essere legato alla quantità di tralci utilizzati annualmente,

mentre si rivela determinante il loro costante apporto annuale. È necessario, inoltre, attendere qualche anno per riscontrarne gli effetti. In California la triturazione dei tralci viene spesso effettuata a filari alterni, al fine di influire più velocemente sulla struttura con una maggiore massa di sarmenti e facilitare il passaggio delle macchine nei terreni argillosi, nonché per elevare il rendimento dei trinciasarmenti. Diversi autori hanno approfondito le influenze delle sostanze ad azione inibitoria, contenute nei tralci della potatura, sullo sviluppo della vite. Sievers (1961, 1963) ponendo a contatto semenzali di vite con dosi crescenti di tralci in terreni sabbiosi (con e senza torba), ha notato che lo sviluppo delle plantule si riduceva man mano che aumentava la quantità di legno di potatura, specialmente dove non era stata aggiunta torba. L'inibizione dello sviluppo era più intensa sull'apparato radicale e si attenuava invece notevolmente sulle viti adulte e vigorose. Sensibili riduzioni nella percentuale di germogliamento e aumenti nel numero di foglie in 10 cm di germoglio ha riscontrato Eder (1971) coltivando talee di vite unigemme in substrati contenenti tralci finemente sminuzzati. Inoltre sono state osservate sintomatologie da carenze minerali, risolte peraltro con trattamenti a base di concimi fogliari. Moser (1969) in una disamina delle molteplici cause di stanchezza del terreno dei vigneti sostiene che le sostanze inibitrici contenute nei tralci sminuzzati hanno una spiccata attività negativa sullo sviluppo delle radici delle viti, oltre che sui funghi e batteri. Sull'intensità dell'inibizione dei tralci influisce, peraltro, la struttura e la profondità del terreno, la piovosità, il tipo di portinnesto, il vigneto e la presenza di sostanza organica di altra fonte (letame, torba, ecc.). Sievers (1964) attribuisce notevole importanza ai fattori climatici nella inattivazione delle sostanze inibitrici contenute nei tralci. Infatti l'entità delle precipitazioni determina un allontanamento, dai tralci sminuzzati, di queste sostanze, una loro diluizione nella soluzione circolante ed un approfondimento nel sottosuolo, benché esista il pericolo di un loro accumulo ed arricchimento dell'orizzonte esplorato dalle radici. Anche la temperatura esercita una certa degradazione, specialmente la sua alternanza tra giorno e notte. In pratica però l'azione negativa di questi composti organici sulla produttività di un vigneto è praticamente inesistente perché nel terreno vi sono, oltre ai fattori climatici sopraccitati, degli interventi diretti ed indiretti di demolizione ed inattivazione delle sostanze fenoliche e tanniniche. L'azione diretta è quella esercitata da certi batteri e

funghi nel terreno, che si concretizza nella demolizione delle molecole organiche tossiche e trasformazione in composti innocui, mentre quella indiretta è svolta dal mantello miceliare delle micorizze endofittiche, le quali a livello del cilindro centrale delle radici funzionano da filtro, bloccando ed evitando selettivamente queste sostanze. In un vigneto adulto non sussistono quindi pericoli concreti nel praticare la triturazione dei sarmenti ed i vantaggi di ordine economico e pratico che se ne ricavano compensano eventuali rischi. Più attenzione si deve invece porre nei reimpianti su terreni che hanno ospitato vigneti nei quali per lungo tempo si è proceduto alla triturazione dei tralci. In questi casi è meglio attendere qualche anno prima di effettuare il reimpianto. Cali di produzione e di sviluppo si possono riscontrare in vigneti dopo alcuni anni di trinciatura dei sarmenti, per una carenza di azoto. Infatti all'aumentare della quantità di legno triturato si verifica nel terreno una diminuzione del tenore in azoto ed una leggera tendenza all'aumento del rapporto C/N. la cosa è giustificabile perché aumenta l'esigenza di azoto da parte dei batteri, che lo utilizzano per il loro sviluppo, azoto che viene così sottratto alle viti. Per ovviare a questo inconveniente e per stimolare l'attività batterica Sievers (1964) e Kiefer (1973) consigliano di incrementare la dotazione in azoto di 50-100 unità/ha (preferibilmente sotto forma nitrica). Va, infine, rilevato che Agoston (1953) in Russia ha ottenuto risultati positivi sulla produzione e sul grado zuccherino utilizzando i tralci addizionati di nitrato ammonico, perfosfato e solfato potassico. Per quanto riguarda, infine, l'aspetto fitosanitario, i sarmenti non costituiscono una fonte d'infezione particolare per la vite, se il vigneto risulta sano. Il problema si pone, invece, quando il vigneto presenta attacchi di escoriosi, un fungo che colpisce la base dei germogli. In questo caso l'interramento dei sarmenti è da evitare, perché il fungo trova, nel terreno, un ambiente favorevole per svernare ed infettare nuovamente, nella primavera successiva, i germogli. Il problema si pone, inoltre, in presenza di viti colpite da marciume radicale; anche in questo caso è preferibile evitare l'interramento dei sarmenti (la sostanza organica, qualsiasi sia la sua origine, lo favorisce), mentre non destano preoccupazioni altre patologie, come il mal dell'esca e la flavescenza dorata.

2. OBIETTIVI

Nel “sistema vigneto” la gestione del suolo occupa un ruolo chiave dal punto di vista ecologico ed ambientale e può svolgere una funzione di sostegno non solo per la conservazione della sua fertilità e del contenuto idrico del terreno, ma anche per il mantenimento delle viti in equilibrio vegeto-produttivo, condizione fondamentale per ottenere uve di qualità.

Le tecniche sostenibili di gestione del suolo sono state oggetto di numerose ricerche, le acquisizioni scientifiche disponibili risultano a volte contraddittorie e parziali, specialmente per gli ambienti semi-aridi. La speculazione scientifica non ha ancora chiarito completamente alcune problematiche connesse alla realizzazione e alla gestione dell'inerbimento, alla competizione tra l'inerbimento e il vigneto e agli effetti sull'attività vegeto-produttiva delle viti.

Sono, inoltre, insufficienti le conoscenze sugli effetti delle cover crop in ambienti colturali caratterizzati da fenomeni di stress idrico. Le lavorazioni meccaniche del suolo per la gestione delle colture arboree negli ambienti semi-aridi risultano principi fondamentali di aridocoltura. In tali ambienti l'esatta scelta e collocazione del cotico erboso nell'agroecosistema è fondamentale per il controllo dei fenomeni di competizione idrica vigneto-cover crop.

Scopo della ricerca è quello di verificare se l'effetto della gestione sostenibile del suolo in climi semi-aridi, tramite l'inerbimento, l'interramento dei sarmenti e la concimazione, nel caso della vite da vino, comporta variazioni positive della fertilità e della disponibilità idrica del suolo. Tecniche sostenibili e conservative, come la gestione del suolo autunno-primaverile con cover crop ed il successivo interrimento dei sarmenti, sono state associate alla concimazione minerale che, generalmente, si utilizza nel vigneto siciliano, per valutarne le interazioni e la risposta vegeto-produttiva della vite da vino.



2. MATERIALI E METODI

La prova sperimentale è stata realizzata nelle annate 2009/2010 e 2010/2011 presso un'azienda viticola ubicata nell'agro di Sciacca, nella Sicilia sud-occidentale (AG, 37° 39' 17'' N e 13° 00' 53'' E) località rappresentativa, per la coltivazione del vigneto, ricadente nel perimetro nella DOC Menfi.

Il vigneto selezionato per la nostra ricerca si trova ad un'altitudine di 350 m.s.l.m., caratterizzato da clima sub-arido con estati secche e calde ed inverni umidi; la piovosità media annua è pari a circa 650 mm, concentrata nel periodo autunno invernale; la temperatura media annua è pari a 18°C, con un valore massimo della temperatura media mensile raggiunto nel mese di Agosto (27,3°C) e minimo nel mese di Gennaio (9,7°C). I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla stazione meteo di Sciacca che si trova a 6 km dal sito sperimentale.

Il terreno, rappresentativo dei pedotipi dell'area, è un Eutri - Vertic Cambisol, secondo la classificazione WRB (FAO-ISRIC-ISSS, 1998), posto in leggero pendio,

profondo a reazione sub-alcaina; la composizione granulometrica è pari a 54 % di sabbia, 12 % di limo e 34 % di argilla.

Tab. 1 – Caratteristiche chimico-fisiche del suolo oggetto della sperimentazione.

Reazione (pH)		8,03
S. O. (umificata)	%	0,98
N tot. (met. Kjeldhal)	‰	0,63
P ₂ O ₅ (met. Olsen)	Ppm	41
K ₂ O (met. Dirks-Sheffer)	Ppm	32
C. E. (1:5)	mille-S cm ⁻¹	0,10
Argilla	%	34,00
Limo	%	14,00
Sabbia	%	54,00

Il vigneto, oggetto della sperimentazione è costituito della cv. Grecanico, allevato a contro spalliera, con investimento unitario di 4.500 piante ha⁻¹, in regime culturale irriguo e con una gestione del suolo che ha previsto sia lavorazioni meccaniche del suolo, caratterizzate da continue arature e fresature del suolo, sia tecniche di inerbimento temporaneo con leguminose e graminacee. La semina dell'inerbimento è stata effettuata rispettivamente: per il primo e secondo anno di sperimentazione il 23 ottobre 2009 e il 27 ottobre 2010, utilizzando un quantitativo di semi pari a 80-100 kg ha⁻¹, previa aratura a circa 20 cm di profondità nel periodo post-vendemmia con vibro-coltivatore, per rompere la crosta superficiale di terreno e contenere le infestanti.

Il perimetro del vigneto, utilizzato per la sperimentazione, è stato suddiviso in 8 parcelle ripetute tre volte. Sono stati distribuiti 100 Kg ha⁻¹ di N, 45 Kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 160 di K₂O, nel mese di febbraio, come consuetudine della prassi colturale del territorio.

La flora infestante, lungo la fila, è stata controllata mediante trattamento effettuato a fine Febbraio con prodotti sistemici, onde evitare fenomeni di competizione con la

coltura, a base di glifosate (p. a.), attivo nei confronti di graminacee e dicotiledoni annuali.

E' stato adottato lo schema sperimentale a parcelle suddivise con tre repliche, distribuendo nelle parcelle le tesi: Cover crop, Sarmenti trinciati e Concimazione (FIG. 3).



FIG. 3 – SCHEMA PARCELLE SPERIMENTALI

<i>Cover crop - Concimazione</i>	<i>Concimazione</i>
<i>Cover crop</i>	<i>Test</i>
<i>Sarmenti trinciati - Concimazione</i>	<i>Sarmenti trinciati - Cover crop Concimazione</i>
<i>Sarmenti trinciati</i>	<i>Sarmenti trinciati - Cover crop</i>

Il sito di studio è stato gestito con le seguenti modalità:

- Residui potatura asportati
- Residui potatura trinciati
- Residui potatura asportati concimato
- Residui potatura trinciati concimato
- Residui potatura asportati inerbito
- Residui potatura trinciati inerbito
- Residui potatura asportati concimato inerbito
- Residui potatura trinciati concimato inerbito





Durante il ciclo colturale sono stati effettuati dei rilievi che hanno interessato: il suolo; la biomassa, ottenuta dall'inerbimento dell'interfila; i sarmenti; il vigneto, sotto l'aspetto vegeto-produttivo.

I rilievi del suolo sono stati effettuati sulle otto tesi in studio con trivella o vanga, a cadenza mensile. Per ciascuna tesi sono stati effettuati n. 3 prelievi di campioni di terreno nello strato 0-40 cm, sui quali sono stati effettuate le analisi descritte di seguito.

Sui campioni di suolo prelevati e, successivamente setacciati (\emptyset 2 mm), sono stati effettuate le seguenti analisi di laboratorio: azoto totale, carbonio organico e nitrati. Il carbonio organico è stato determinato, effettuando dei prelievi nel mese di luglio del 2009, 2010 e 2011 (Walkley-Black, 2002).

Il terreno prelevato mensilmente è servito a determinare l'azoto nitrico con cromatografo ionico "Metrohm", previa estrazione in KCl.

Sui campioni di suolo, prelevati nel mese di luglio 2010 e 2011, si è, inoltre, determinato il contenuto in azoto totale con il metodo Kjeldahl.

Sono stati effettuati dei campionamenti sulla biomassa della cover crop, ottenuta nel periodo primaverile, e sui sarmenti dopo la potatura, al fine di stimare la sostanza secca (%) ed il contenuto di azoto totale; quest'ultimo parametro è stato determinato utilizzando il metodo Kjeldahl.

Sulla coltura, per entrambi gli anni della sperimentazione, sono stati rilevati alla raccolta, su un campione rappresentativo di 10 piante/parcella: la produzione di uva da vino ($q.li\ ha^{-1}$), il numero ed il peso dei grappoli (kg).

Tutti i dati ottenuti, durante il biennio di sperimentazione, sono stati sottoposti all'analisi della varianza, utilizzando il metodo ANOVA. Inoltre, per i dati di azoto nitrico, ottenuti nei due anni di sperimentazione, è stata calcolata la deviazione standard.



4. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'andamento termopluviometrico per le due annate ha messo in evidenza, nel periodo settembre-agosto, temperature medie molto simili; per quanto riguarda la piovosità, sia al primo anno (635 mm) che al secondo anno di prova (654 mm), è stata ben distribuita sino a maggio. Tutti i dati rilevati per i caratteri in studio, sia nelle tesi singole sia per le loro interazioni, sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) e il risultato è riportato nella tabella 2, la quale mostra che la maggior parte dei caratteri sono risultati significativi per $P \leq 0,05$.

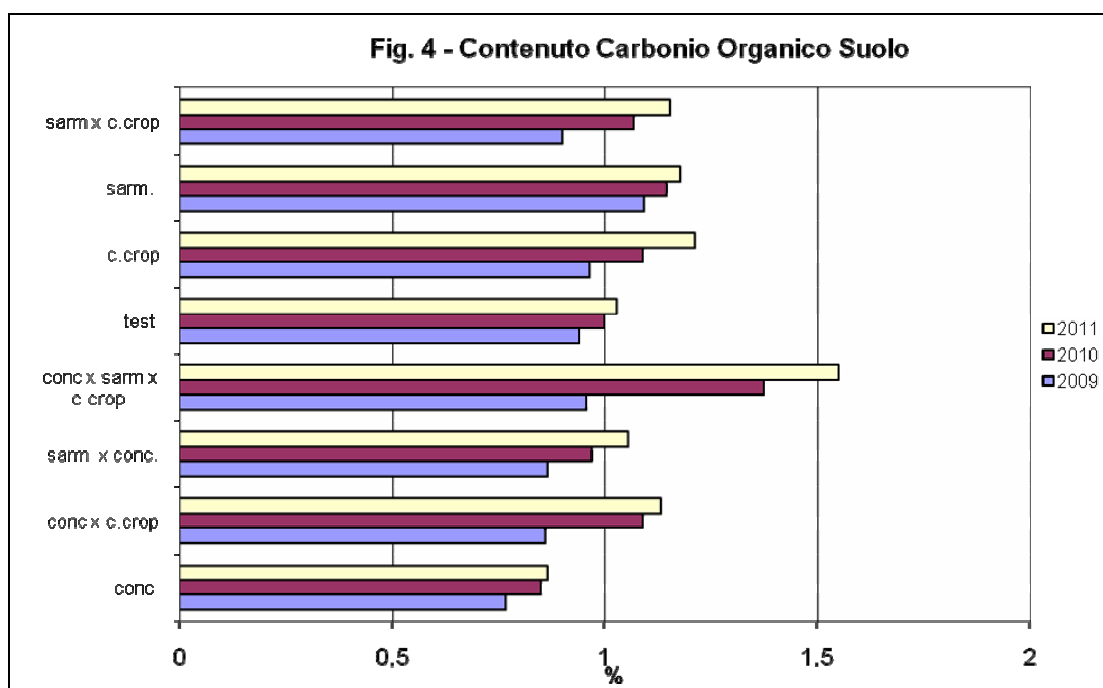
Tabella 2 – Anova per i caratteri in studio nel biennio di sperimentazione

Caratteri	Nitrati suolo	Carbonio organico	Azoto totale.	Produzione uva	Peso grappoli ceppo	Numero grappoli ceppo
Fattori						
Concimazione (C)	*	*	n.s.	*	*	*
Sarmenti trinciati (St)	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
Cover crop (Cc)	*	n.s.	n.s.	*	**	n.s.
C x St	*	*	*	*	*	*
C x Cc	*	*	n.s.	*	*	n.s.
St x Cc	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C x St x Cc	*	*	*	*	*	*

* $P \leq 0,05$; n.s. non significativo

4.1 IL CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO

Il livello di carbonio organico del suolo riscontrato nel primo rilievo 2009 è risultato maggiore nelle tesi “Sarmenti trinciati” (1.09%), “ Concimazione x sarmenti trinciati x Cover crop” e “Cover crop” (0.96 %); invece, il risultato più basso è stato registrato per la tesi “Concimazione” (0.77%), per la quale non è stato effettuato nessun apporto di materia organica (Fig.4).



Nel 2010 il contenuto medio di carbonio organico risulta superiore rispetto al 2009, considerando l'accumulo di sostanza organica, dovuto ad un anno di gestione del suolo con tecniche come l'interramento dei sarmenti e il sovescio della Cover crop. Alla fine dei rilievi, mentre per la tesi “Concimazione x sarmenti trinciati x Cover crop”, con un contenuto di carbonio organico pari a 1.37 %, ha fatto registrare le migliore performance del 2010, manifestando degli incrementi di carbonio organico soddisfacenti (+ 0.29 %). Per tutte le altre tesi in studio gli incrementi di carbonio organico sono risultati più contenuti oscillanti intorno a + 0,10 %, dovuta probabilmente alla spinta mineralizzazione, testimoniata dalla notevole presenza di

nitriti. Si sono avuti degli incrementi buoni del contenuto di carbonio organico nel 2010 per la tesi “Concimazione x Cover crop” (+ 0.23 %).

Nell’ultimo anno di sperimentazione (2011), il contenuto di carbonio organico mostra un trend crescente, mettendo in risalto l’accumulo di sostanza organica, dovuto all’interazione di due tecniche di gestione sostenibile in ambiente mediterraneo, come l’inerbimento temporaneo del suolo e la trinciatura e l’interramento dei sarmenti, associate alla concimazione minerale che, generalmente, viene effettuata nell’areale viticolo, oggetto della nostra ricerca. Il valore registrato per la tesi “Concimazione x sarmenti trinciati x Cover crop” è un ottimo risultato, pari a 1.55% con un incremento di + 0.18, rispetto all’anno precedente è di + 0.59 %. Risultati soddisfacenti sono stati raggiunti dalla gestione del suolo con la coltura di copertura “Cover crop” (1.21 %) con incrementi del contenuto di carbonio organico degni di nota, rispetto al 2010 e al 2009, pari rispettivamente a + 0.12 % e + 0.25 %. I risultati ottenuti nelle altre tesi sono meno consistenti, come è possibile osservare dalla tabella 1. Come era facile prevedere il peggior incremento del contenuto di carbonio organico, rispetto all’anno precedente (+ 0.2 %), è stato registrato per la tesi “Concimato” (0,86 %).

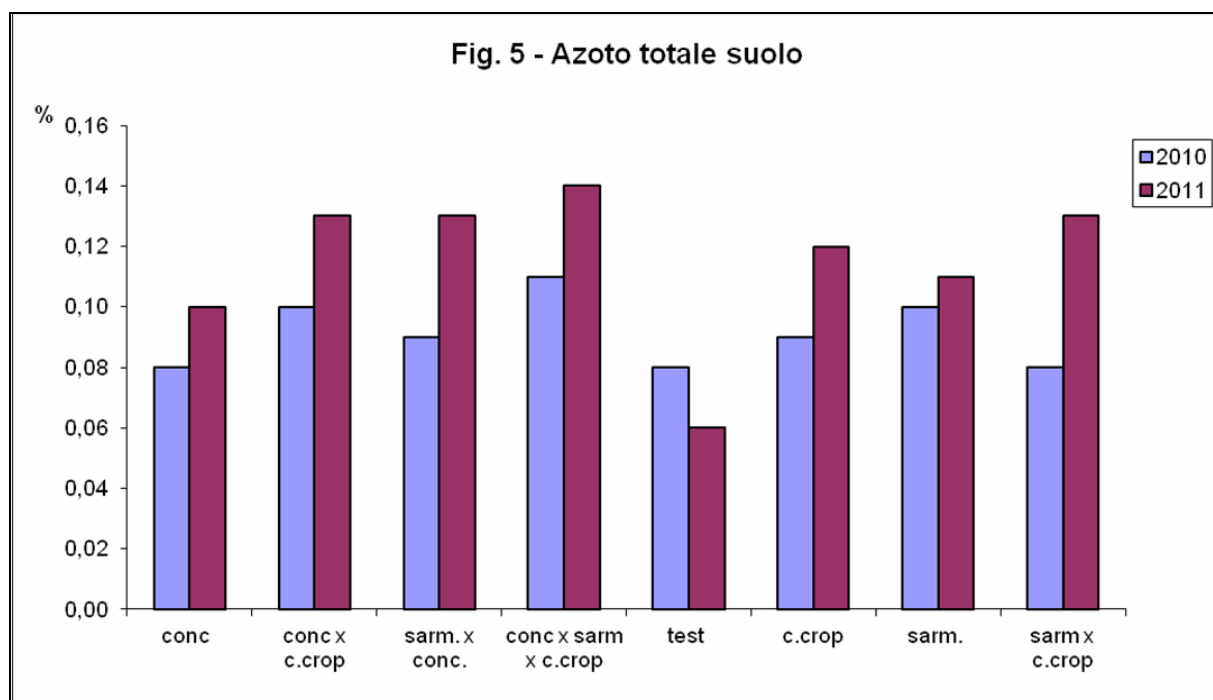
Tab. 3 - Parametri chimici del suolo nel biennio di sperimentazione 2009-2011.

<i>PARAMENTRI</i>	<i>Azoto tot. %</i>	<i>Azoto tot. %</i>	<i>C. org. %</i>	<i>C. org. %</i>	<i>C. org. %</i>	<i>C/N</i>	<i>C/N</i>
TESI	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
Concimazione	0,08	0,10	0,77	0,85	0,86	10,6	8,6
Conc. x Cover crop	0,10	0,13	0,86	1,09	1,13	10,9	8,7
Sarm. trinc. x Conc.	0,09	0,13	0,87	0,97	1,06	10,8	8,1
Conc x Sar. x C.crop	0,11	0,14	0,96	1,37	1,55	12,5	11,1
Test	0,08	0,0	0,94	1,00	1,03	7,7	7,9
Cover crop	0,09	0,12	0,96	1,09	1,21	12,1	10,1
Sarmenti trinciati	0,10	0,11	1,09	1,15	1,18	11,5	10,7
Sarm. Trinc. x c.crop	0,08	0,13	0,90	1,07	1,15	13,3	8,9

4.2 L'AZOTO TOTALE NEL SUOLO

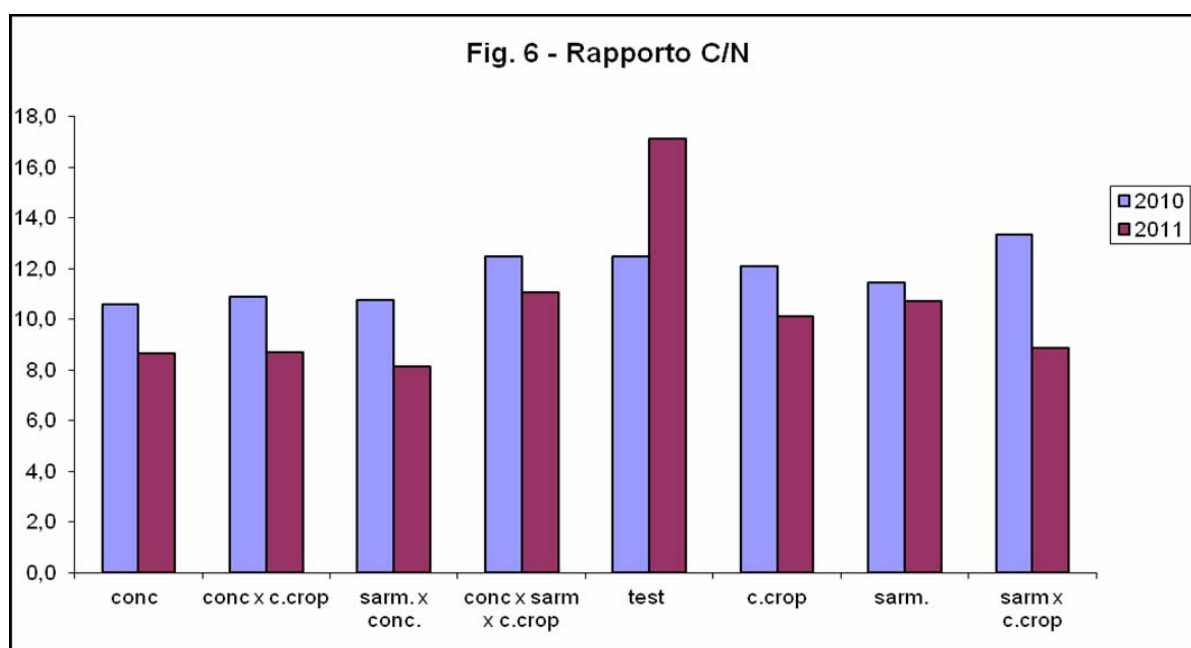
La dotazione di azoto totale nel suolo, nel mese di luglio, periodo in cui si effettua il campionamento, è fortemente influenzato da diversi fattori, essa ha subito drastiche riduzioni dal momento del sovescio, causa l'assorbimento della vite e le crescenti temperature che hanno determinato una veloce mineralizzazione della biomassa interrata.

L'azoto totale, per tutte le tesi in studio, ha mostrato valori relativamente bassi; nel 2010, le tesi che hanno fatto registrare valori pari a 0,11 % e 0,10 % sono rispettivamente “Concimazione x sarmenti trinciati x Cover crop” e “Concimazione x Cover crop” (Tab.1). Nel 2011, tutte le tesi con una gestione del suolo sostenibile e con concimazione hanno mostrato degli incrementi della dotazione in azoto medio pari a + 0.03 %, invece, la tesi “Concimazione x sarmenti trinciati x Cover crop” ha fatto registrare il valore più alto pari 0.13 % (Fig. 5).



4.3 RAPPORTO C/N

Dopo aver determinato sia il carbonio organico che l'azoto totale, per meglio comprendere la dinamica di questi composti, è stato determinato il rapporto C/N per tutte le tesi. Il valore più elevato, nell'annata agraria 2010, è pari a 13,3 per la tesi "Sarmenti Trinciati. x Cover crop", invece, il valore più basso è stato ottenuto nella tesi "Sarmenti Trinciati" (11,5). Nel 2011 concentrazioni maggiori di azoto totale mediamente dello 0,03 % hanno influenzato il risultato del rapporto C/N, il valore massimo è di 11,1 per la tesi "Concimazione x Sarmenti Trinciati x Cover crop" e il valore minimo è pari a 8,1 per la tesi "Sarmenti trinciati x Concimazioni" (Fig. 6).



4.4 CARATTERISTICHE DELLA BIOMASSA E DEI SARMENTI INTERRATI

Prima dell'interramento, sono state rilevate tutte le caratteristiche della biomassa e dei sarmenti da interrare.

La biomassa raccolta dal cotico erboso, costituito dal miscuglio veccia-avena, per l'annata agraria 2011, particolarmente favorevole dal punto di vista climatico, ha mostrato delle ottime performance ed una buona adattabilità all'ambiente di prova con produzioni di sostanza secca pari a 12,02 t ha⁻¹ per la tesi "Concimazione x Sarmenti Trinciati x Cover crop"; 10,33 t ha⁻¹ per la tesi "Concimazione x Cover crop" e 4,41 t ha⁻¹ per la tesi "Cover crop". Nell'annata agraria 2010 la produzione di sostanza secca è risultata più contenuta per tutte le tesi interessate all'inerbimento del suolo, a causa di condizioni ambientali poco favorevoli e una minore adattabilità (tab. 4).

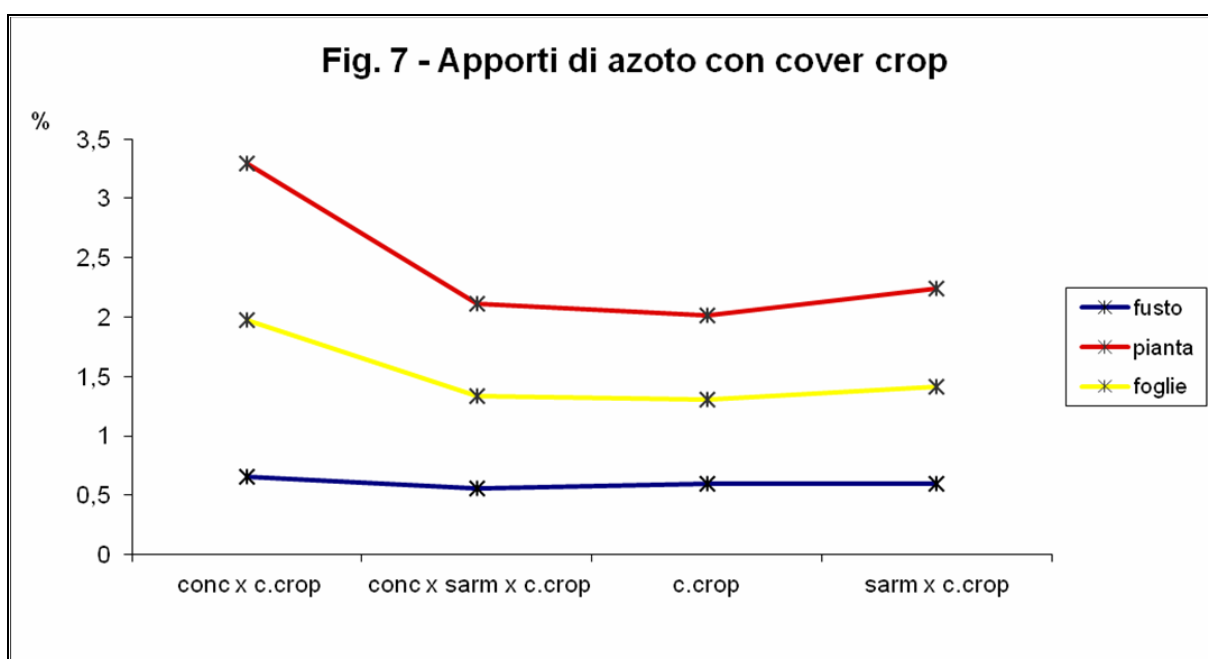
Tab. 4 – Produzione di sostanza secca sarmenti e inerbimento

Tesi	Sarmenti		Inerbimento	
	2010 ss T/Ha	2011 ss T/Ha	2010 ss T/Ha	2011 ss T/Ha
Concimazione	2,37	2,32	-	-
Conc. x Cover crop	2,27	2,34	4,72	10,33
Sarm. trinc. x Conc.	2,33	2,35	-	-
Conc x Sar. x C.crop	2,52	2,59	4,17	12,02
Test	2,11	2,15	-	-
Cover crop	2,09	2,16	3,91	4,41
Sarmenti trinciati	2,33	2,35	-	-
Sarm. Trinc. x c.crop	2,30	2,34	5,02	8,09

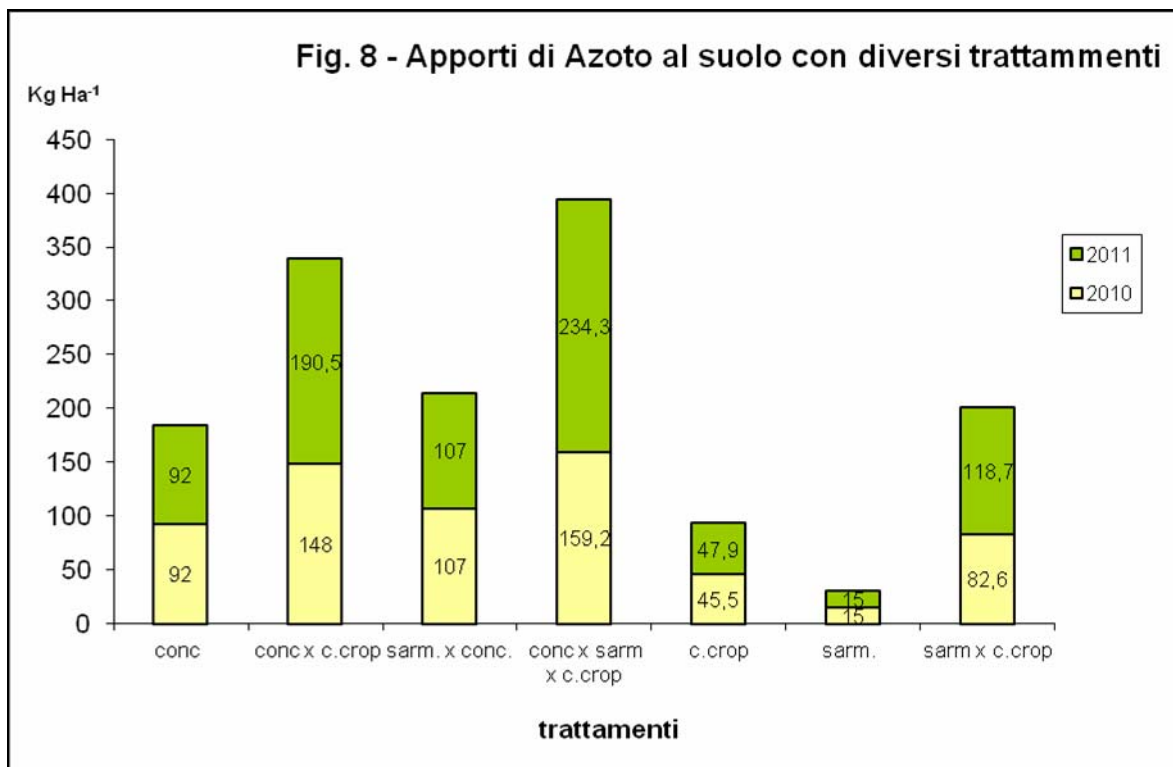
Al contrario della biomassa dell'inerbimento, la sostanza secca, prodotta dai sarmenti nei due anni della sperimentazione (2010 e 2011), ha mostrato una variazione più contenuta pari 0,50 t ha⁻¹; l'accumulo di sostanza secca è risultata superiore per la

tesi “Concimazione x Sarmenti Trinciati x Cover crop” con 2.59 t ha^{-1} . Tutti gli altri dispositivi sperimentali hanno mostrato dei valori più o meno contenuti sia per il 2010 che per il 2011 come riportato nella tabella 4.

L’apporto percentuale di azoto, dovuto alla biomassa, è risultato superiore per la tesi “Concimazione x Cover crop”, invece, le altre tesi hanno mostrato un andamento decrescente (Fig. 7). Le analisi di laboratorio hanno determinato il contenuto di azoto della biomassa, distinguendo l’apporto delle foglie e del fusto della biomassa, successivamente interrata ed i valori ottenuti sono riportati nella figura 7.



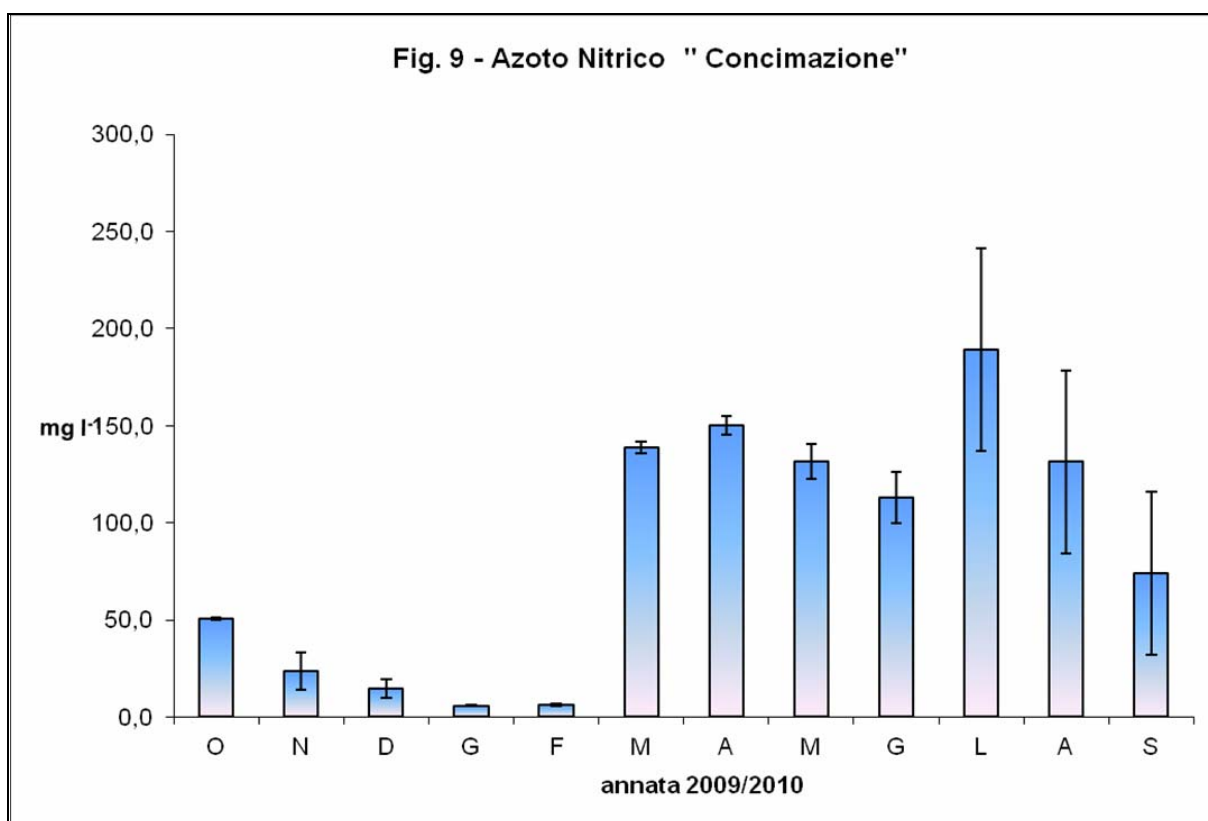
Dalle analisi, eseguite sulla biomassa per la determinazione dell’azoto totale, è stato possibile elaborare gli apporti di azoto al suolo (Kg ha^{-1}); il contenuto maggiore è stato riscontrato nella tesi “Concimazione x Sarmenti Trinciati x Cover crop” con un apporto di N pari a $243,3 \text{ Kg ha}^{-1}$ nell’annata 2011 e $159,2 \text{ Kg ha}^{-1}$ nell’annata 2010. Apporti altrettanto significativi sono stati ottenuti per la tesi “Concimazione x Cover crop” pari a $190,5$ e $1,48 \text{ Kg ha}^{-1}$, rispettivamente per 2011 e il 2010, le altre tesi hanno prodotto degli apporti di N più contenuti come si può facilmente osservare dalla Figura 8.



4.5 ANDAMENTO DEI NITRATI NEL BIENNIO DI PROVA

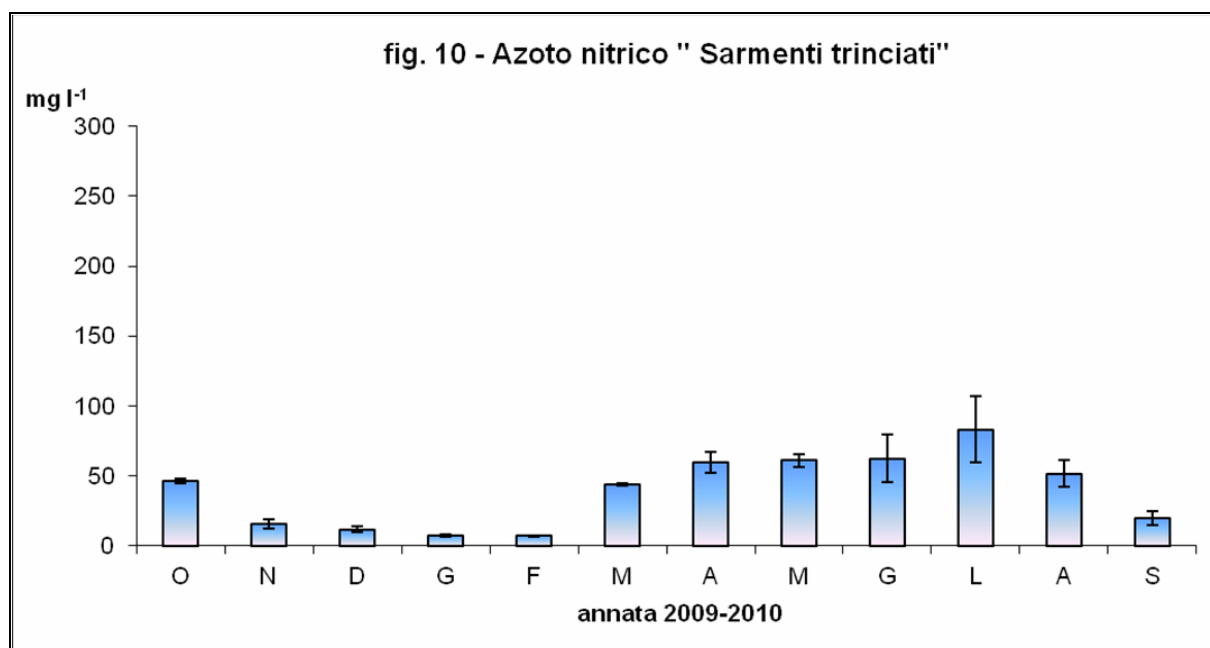
L'azoto nitrico, come già visto per l'azoto totale, ha fatto registrare dei valori crescenti, generalmente, da marzo a luglio per tutte le tesi in prova e per le parcelle testimone. Questo dimostra che i nitrati nel suolo aumentano con l'innalzarsi della temperatura per effetto della mineralizzazione della sostanza organica e della nitrificazione, che, generalmente, s'innescano nel suolo nella stagione primaverile in ambiente mediterraneo.

Nell'annata 2009-2010, nella tesi Concimata si è avuto dapprima valori di azoto nitrico decrescenti e molto contenuti da ottobre a febbraio rispettivamente pari a 50 e 6 mg l⁻¹; dal mese di marzo ad agosto il contenuto in azoto nitrico da 138 a 74 mg l⁻¹ con punte massime registrate nel mese di luglio (150 mg l⁻¹) (Fig. 9).



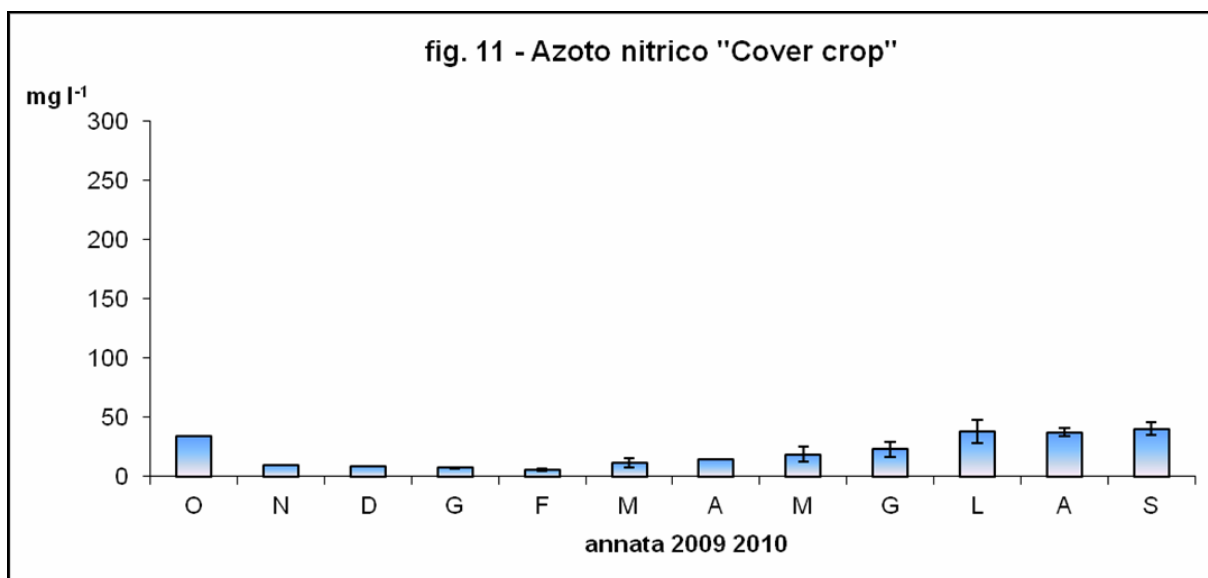
Nella tesi "Sarmenti trinciati" l'azoto nitrico, nel 2009-2010, ha delle oscillazioni più contenute, rispetto alla tesi precedente, perché parte dell'azoto presente nel suolo

sarà sicuramente assorbito dai microrganismi, che sono impegnati nella trasformazione della sostanza organica, con rapporto C/N elevato, apportata al suolo dai sarmenti. I valori di azoto nitrico presentano un andamento variabile, infatti, da ottobre a febbraio oscillano da 47 a 7 mg l⁻¹ (Fig. 10) e da marzo a settembre oscillano da 44 a 20 mg l⁻¹ con un picco nel mese di luglio (83 mg l⁻¹) (Fig. 10)

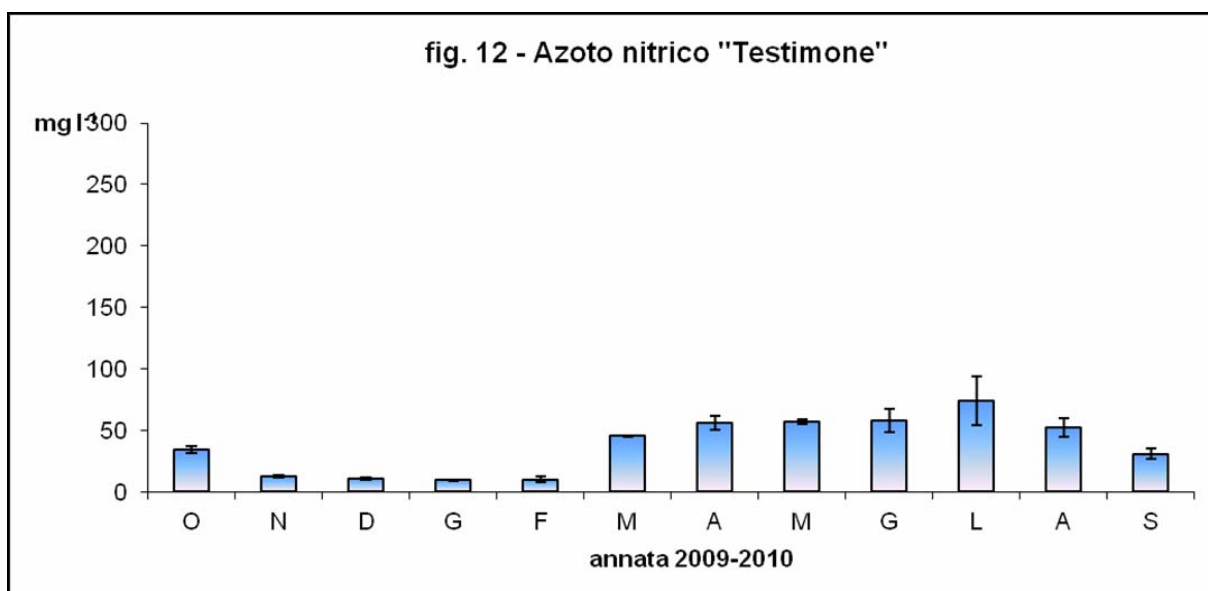


Nelle tesi inerbite l'andamento dell'azoto nitrico, per l'annata agraria 2009-2010, è crescente dal mese di novembre a settembre (Fig. 12). Si registrano oscillazioni tra il valore più basso e quello più alto pari + 33 mg l⁻¹, la presenza dei nitrati in dosi maggiore è stata riscontrata nei campionamenti effettuati nei mesi di ottobre 2009 e luglio-settembre 2010 (fig. 11).

I valori riscontrati nelle diverse tesi per il 2009-2010 mostrano un contenuto di nitrati di gran lunga maggiore nella tesi "Concimazione" che confrontata con il "Testimone" ha fatto registrare valori quasi doppi (Fig. 9 e 12).



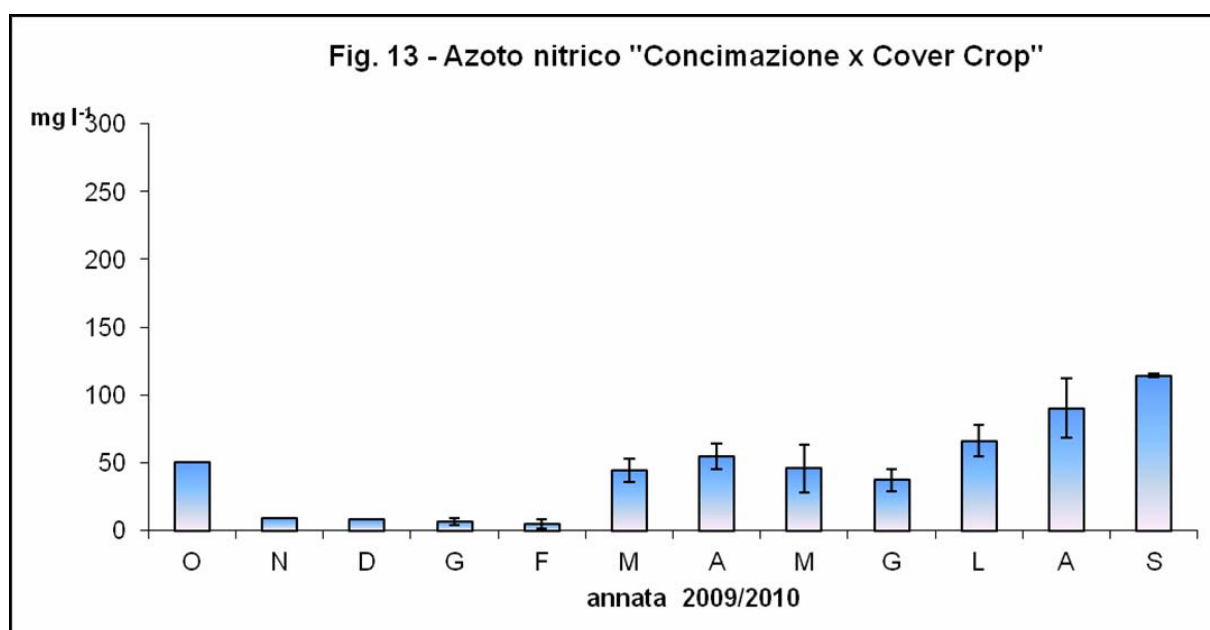
Da notare che la gestione tradizionale del suolo ha fatto registrare un contenuto di azoto nitrico del suolo in quantità ridotte ma più o meno costante nei 12 campionamenti (Fig. 12).

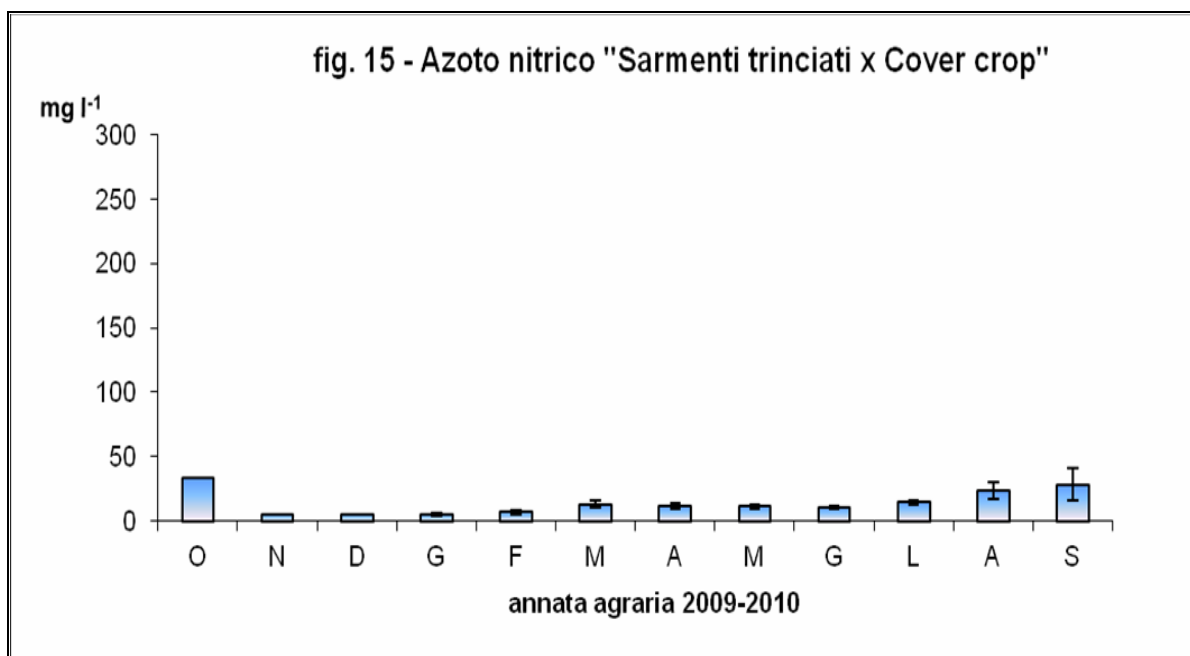
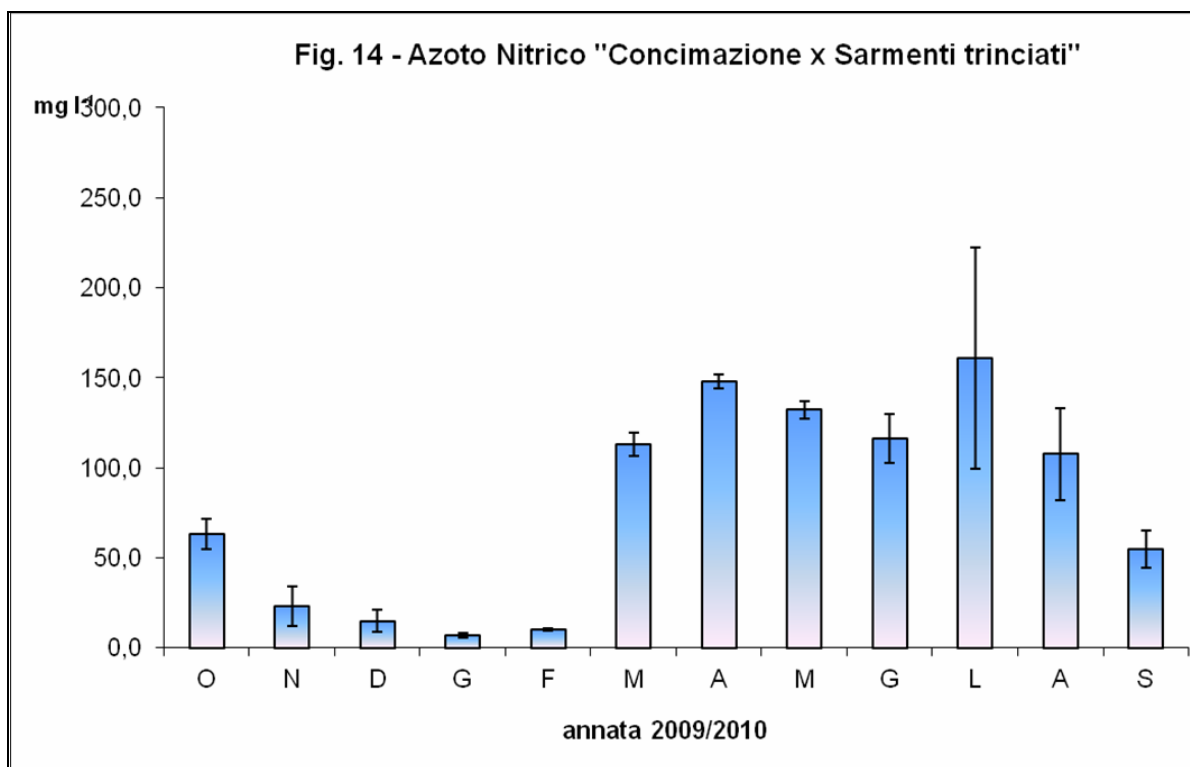


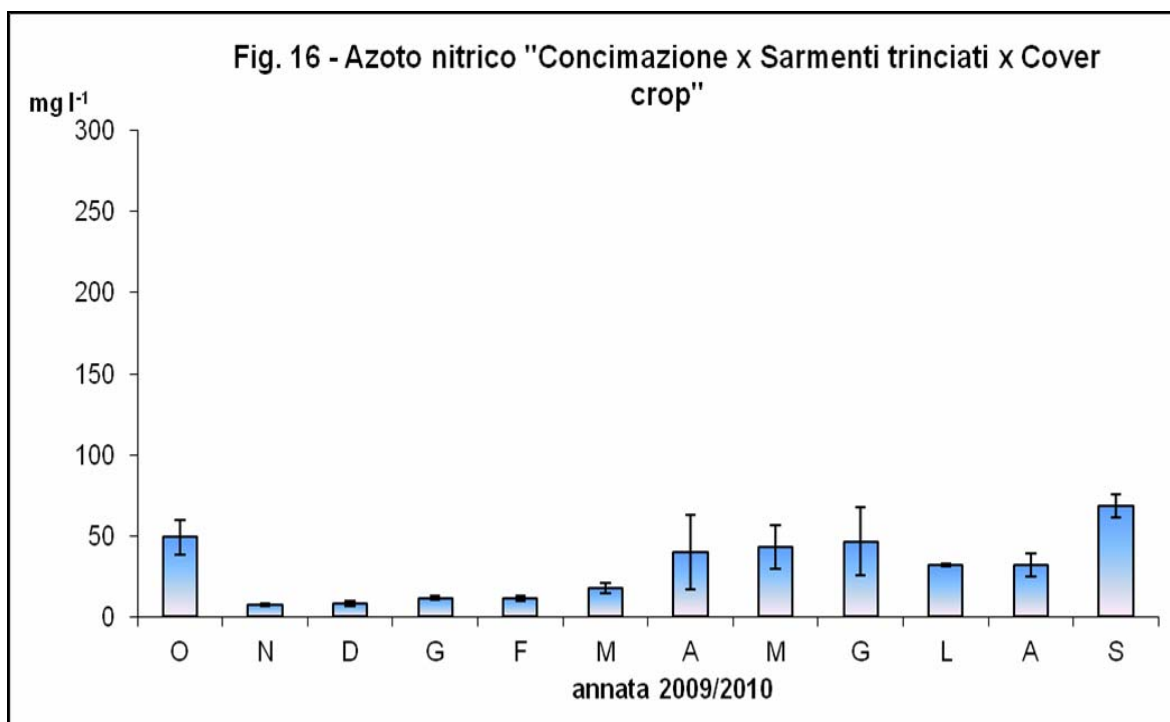
Le tesi ottenute dall'interazione dei fattori singoli hanno dato differenti risultati come è facilmente osservabile dalle rappresentazioni grafiche dei risultati. (Fig. 13-15).

Le interazione dei diversi fattori in prova nell'annata 2009-2010 hanno determinato dei risultati che evidenziano le migliori performance per le parcelle con i trattamenti "Concimazione x Sarmenti trinciati", che dal mese di aprile a luglio presentano un contenuto che va da 120 a 160 mg l⁻¹

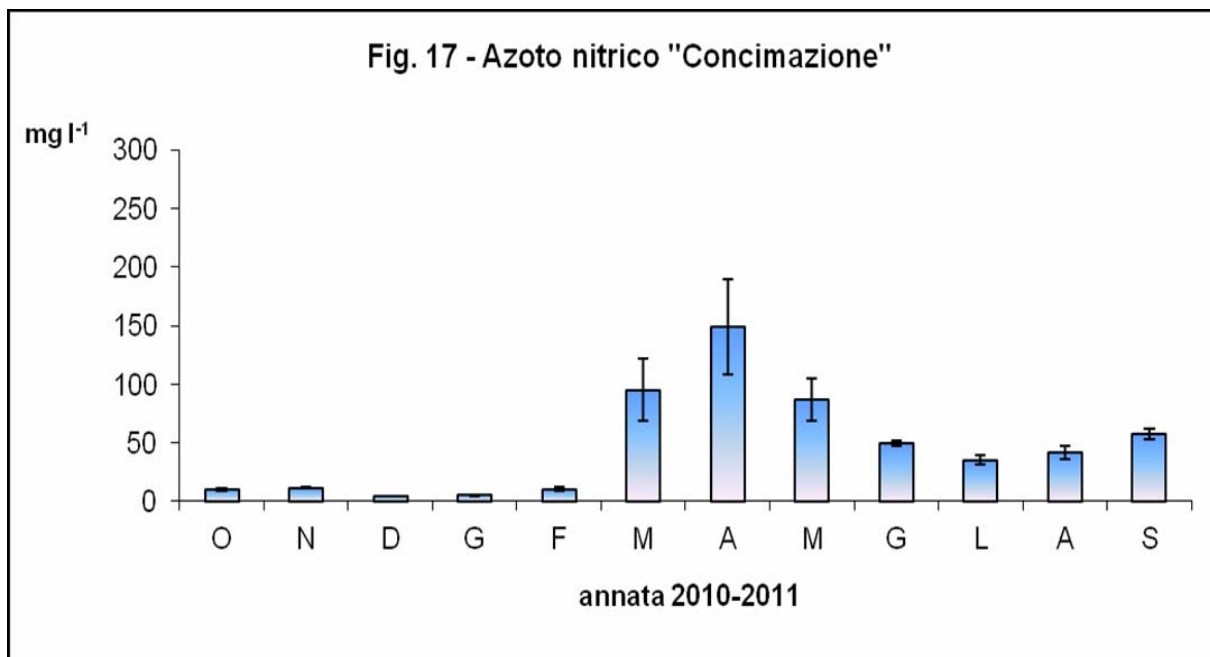
Per i trattamenti "Concimazione x Cover crop" (Fig. 13), "Sarmenti trinciati x Cover crop" (Fig. 15) e "Concimazione x Sarmenti trinciati x Cover crop" (Fig. 16) l'andamento dell'azoto nitrico, contenuto nel suolo, ha mostrato valori più bassi rispetto alla tesi "Concimazione" e "Concimazione x Sarmenti trinciati". Tutto ciò ci permette di trarre le seguenti considerazioni: i nitrati vengono rilasciati in quantità maggiore in tutte le tesi che non presentano la cover crop; i sarmenti sono allontanati dalle parcelle, perché l'azoto nitrico, in queste condizioni, viene intrappolato dalle specie erbacea da sovescio, come sostanza organica, un'altra quota, invece, sarà sfruttata dai microrganismi terricoli, impegnati nell'attività di demolizione della materia organica dei sarmenti trinciati ed interrati. Da tali riflessioni appare chiaro che i nitrati si trovano localizzati per la quasi totalità negli strati più superficiali.



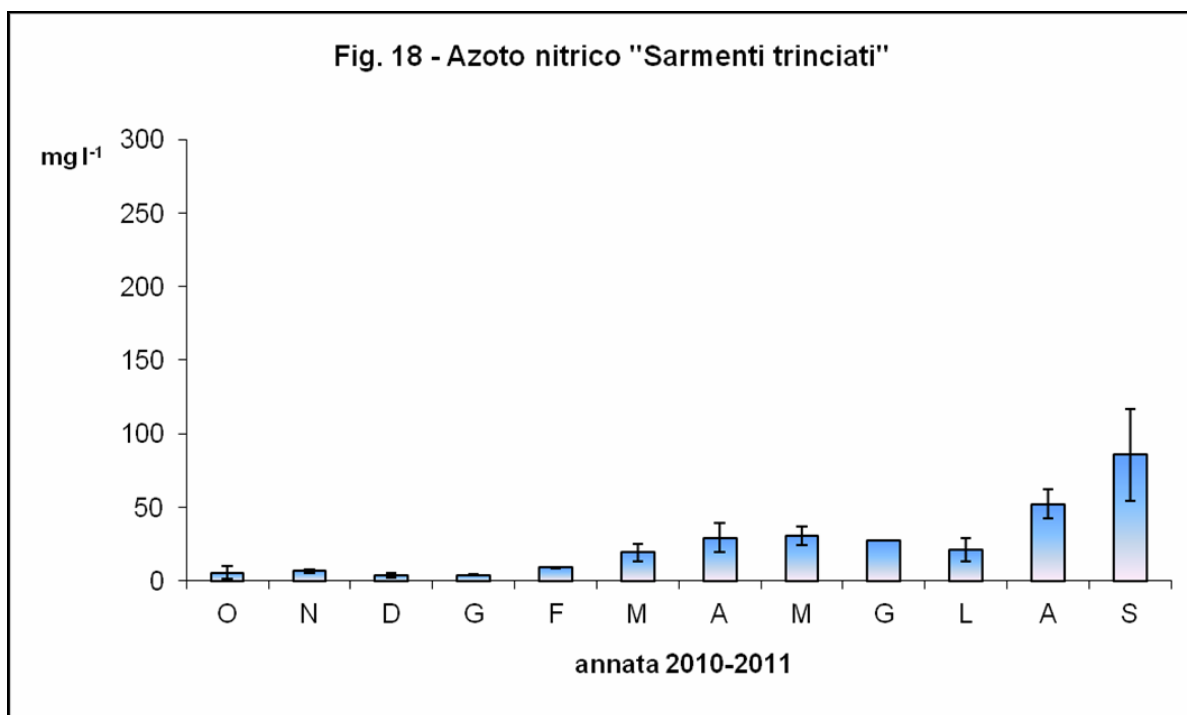




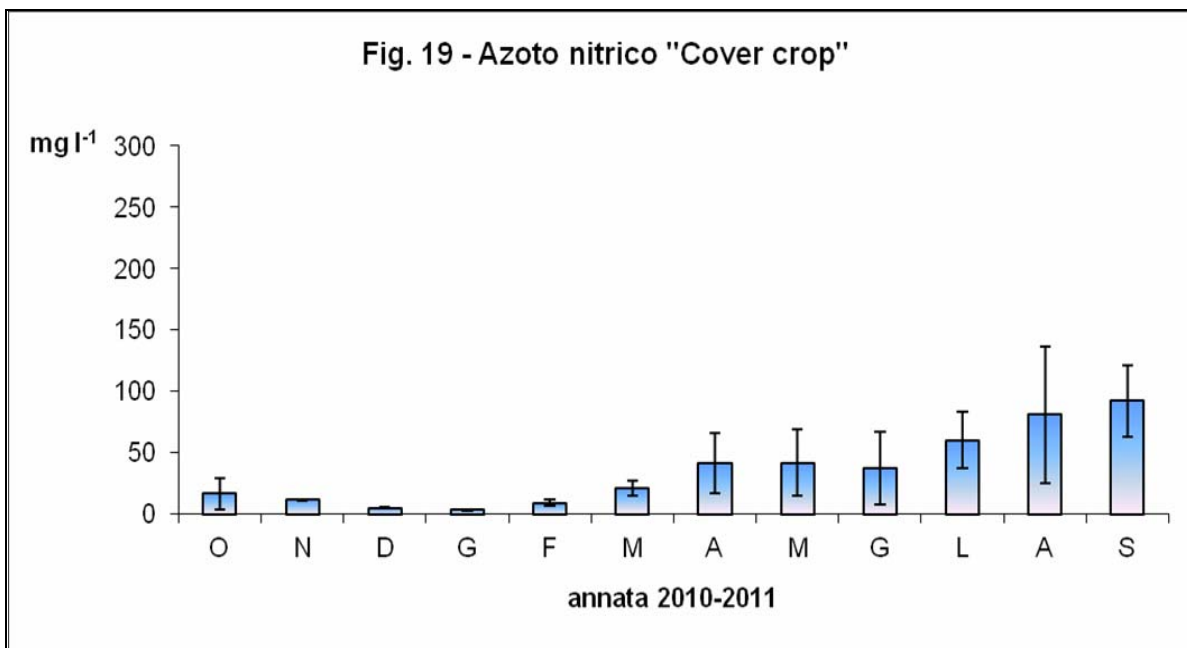
Nella seconda annata di sperimentazione, 2010-2011, il contenuto di nitrati nella media risulta, anche se di poco, superiore al primo anno (2009-2010). La tesi che ha rilasciato più nitrati è “Concimazione”, la quale ha mostrato valori di azoto nitrico superiori a 100 mg l⁻¹ nei campionamenti effettuati nei mesi di marzo, aprile e maggio (Fig. 17), con andamento decrescente dal mese di maggio a settembre.



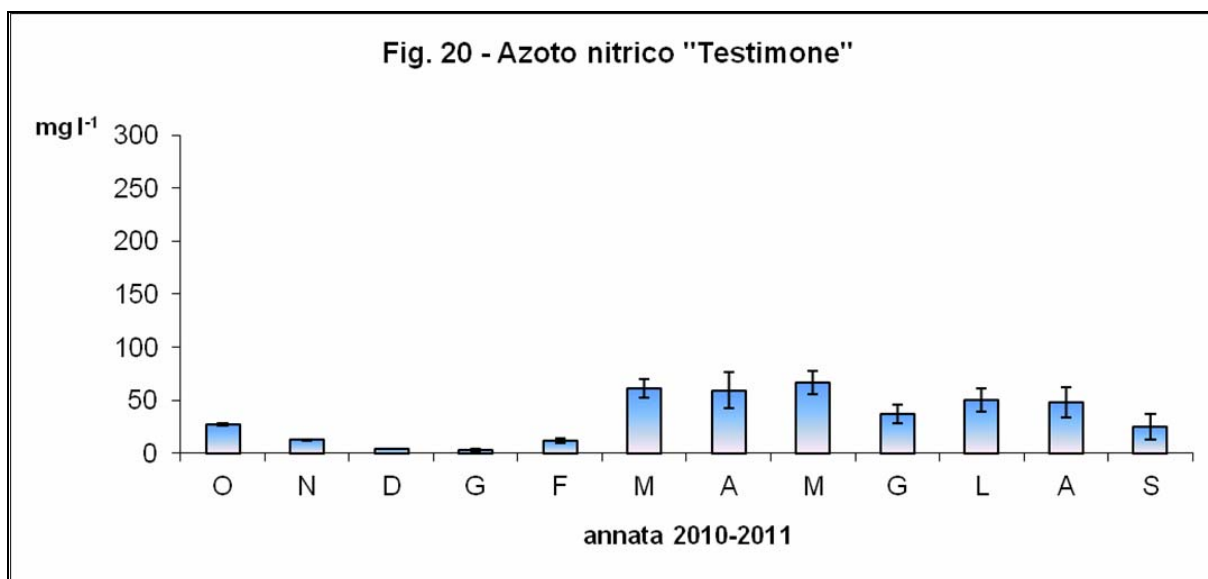
Nella gestione del suolo, che ha previsto l'interramento dei sarmenti, nella seconda annualità 2010-2011, i valori di azoto nitrico più elevati sono stati ottenuti nell'undicesimo (52 mg l⁻¹) e dodicesimo (86 mg l⁻¹) campionamento, che corrispondono, rispettivamente, al mese di agosto e settembre 2011 (Fig. 18). Il valore più basso, invece, è stato registrato nel mese di dicembre e gennaio (4 mg l⁻¹).



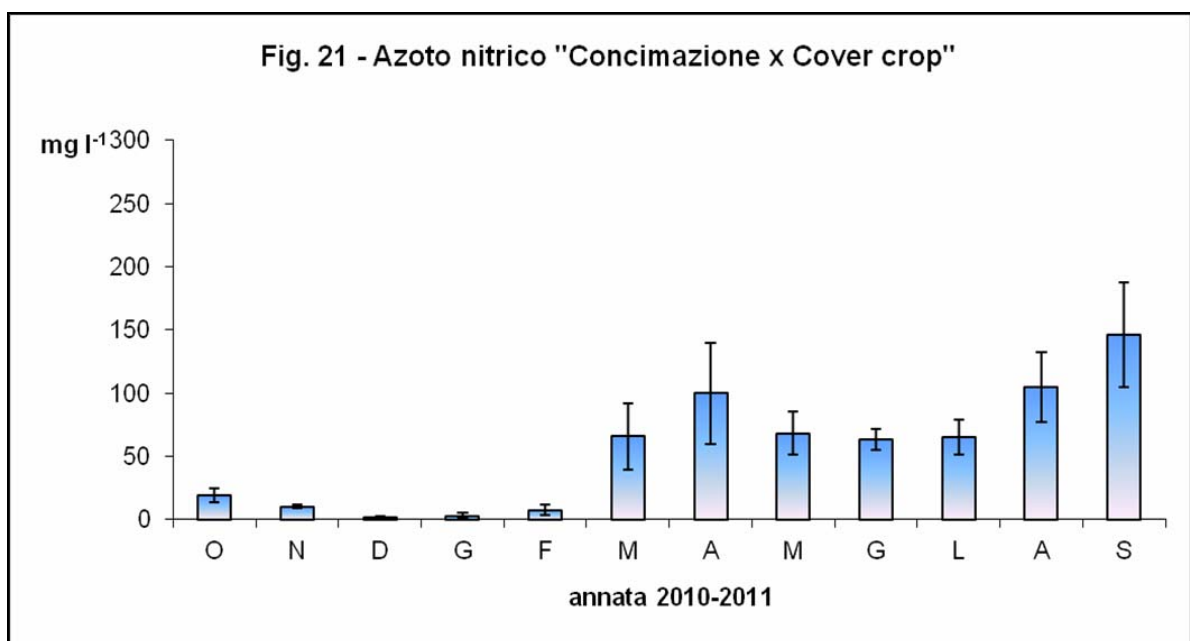
Le parcelle di terreno inerbite per il secondo anno hanno presentato un trend crescente, quasi lineare, nel rilascio di nitrati dall'ottobre del 2010 con valori pari a 17 mg l⁻¹, a settembre 2011 con valori di 92 mg l⁻¹. Tutto ciò ci permette di spiegare l'effetto positivo che ha cover crop nel rilascio graduale dei nitrati (Fig. 19).



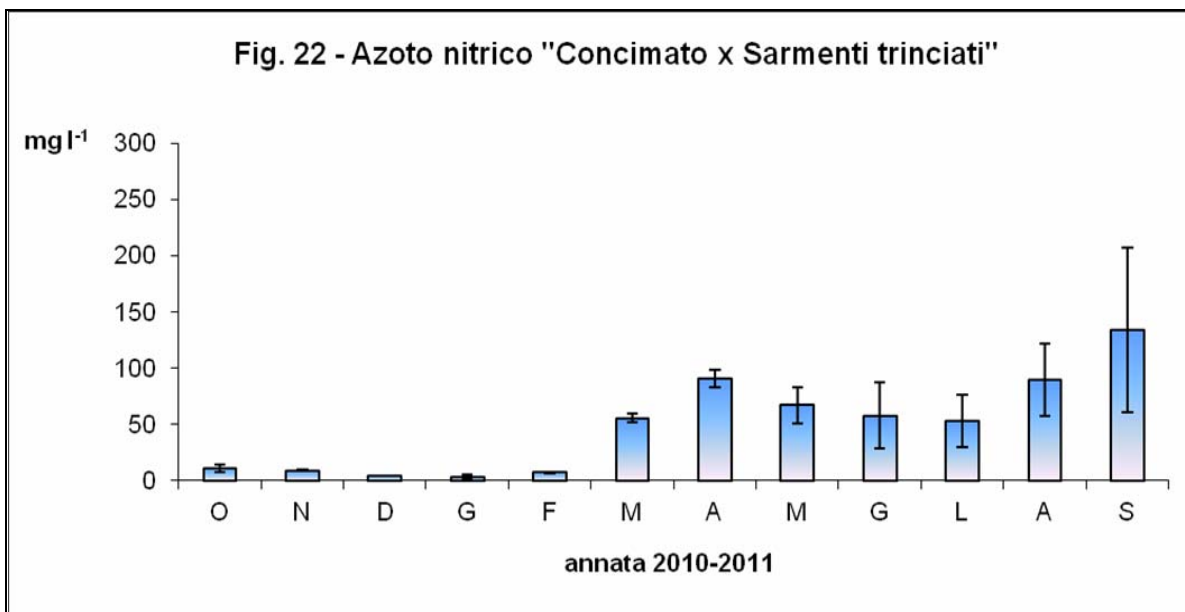
La tesi gestita in modo tradizionale ha mostrato una riduzione decisamente meno evidente rispetto alle altre tesi, con una gestione sostenibile quali “Cover crop” e “Sarmenti trinciati”, infatti, il contenuto di nitrati è pari a 61, 59 e 67 mg l⁻¹, rispettivamente nei campionamenti del mese di marzo, aprile e maggio (Fig. 20).



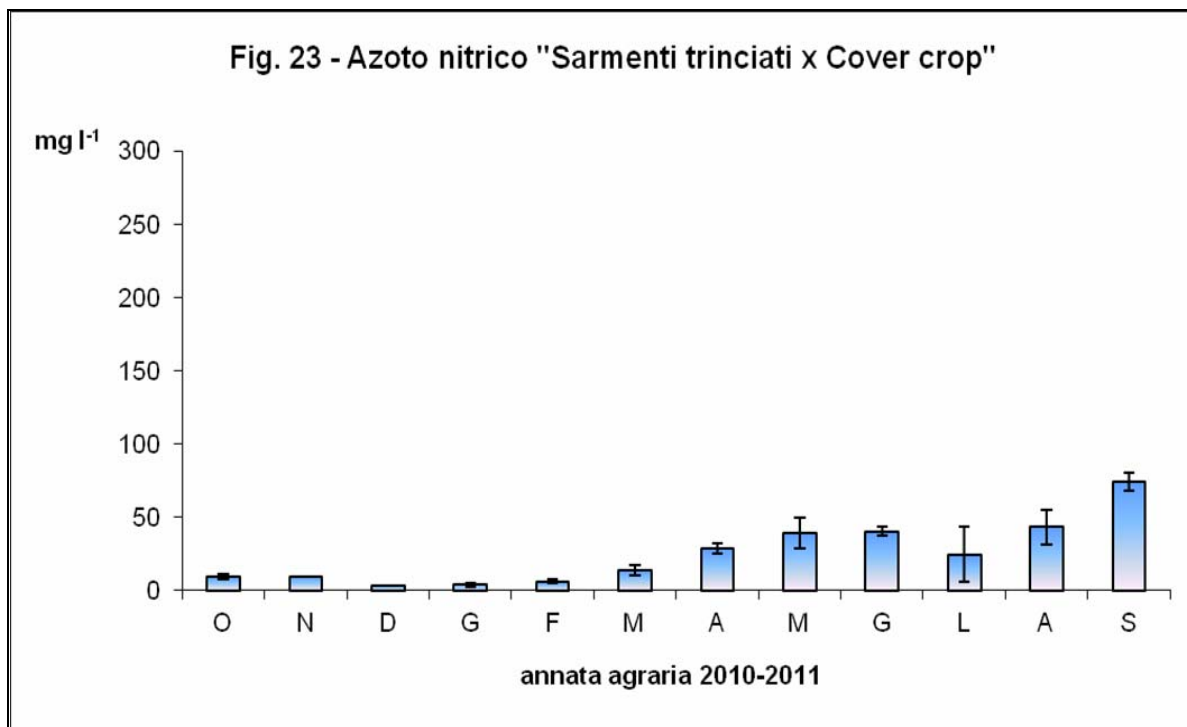
Le tesi con la combinazione di due e/o tre trattamenti hanno presentato un contenuto di nitrati più basso rispetto alle tesi la concimazione, ma, comunque, l'effetto della concimazione sul rilascio di nitrati è stato mitigato dalle interazioni con altri trattamenti. Nel 2010-2011, la tesi "Concimazione x Cover crop" ha fatto registrare valori superiori a 100 mg l-1 nei campionamenti del mese aprile (101 mg l-1), agosto (104 mg l-1) e settembre (146 mg l-1), il valore più basso (campionamento dicembre 2010) è pari a 2 mg l-1.



La tesi "Concimato x Sarmenti trinciati" ha mostrato un andamento dei nitrati molto simile alla tesi precedente ma con valori medi (49 mg l-1) e massimi (136 mg l-1) lievemente più bassi (Fig. 22).

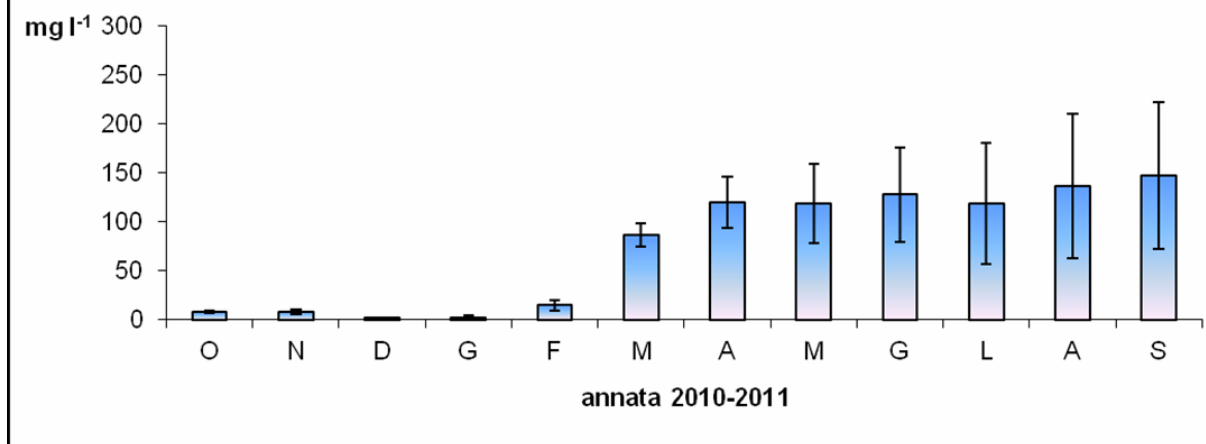


Il suolo gestito con tecniche agronomiche ecosostenibili, come l'inerbimento e l'interramento dei sarmenti, previa trinciatura nella seconda annata agraria (2010-2011), ha manifestato la capacità di contenere il rilascio dei nitrati nel suolo; infatti, i risultati ottenuti mostrano, chiaramente, che il valore medio pari a 24 mg l⁻¹ è al di sotto dei valori ottenuti nelle altre tesi. Anche il contenuto di nitrati più elevato, riscontrato per la tesi "Sarmenti trinciati x Cover crop", nel campionamento del settembre 2011 (74 mg l⁻¹), è sicuramente più contenuto rispetto a quelli ottenuti negli altri trattamenti (Fig. 23).



L'effetto combinato dei tre trattamenti: concimazione, inebimento ed interrimento dei sarmenti trinciati mantengono basso il valore dei nitrati nel suolo nei mesi più freddi, ma con l'aumento delle temperature primaverili-estive i processi di mineralizzazione della sostanza organica determinano un aumento del contenuto di azoto nitrico, che oscilla da 86 a 146 mg l⁻¹ dal campionamento di marzo a settembre 2011 (Fig. 24).

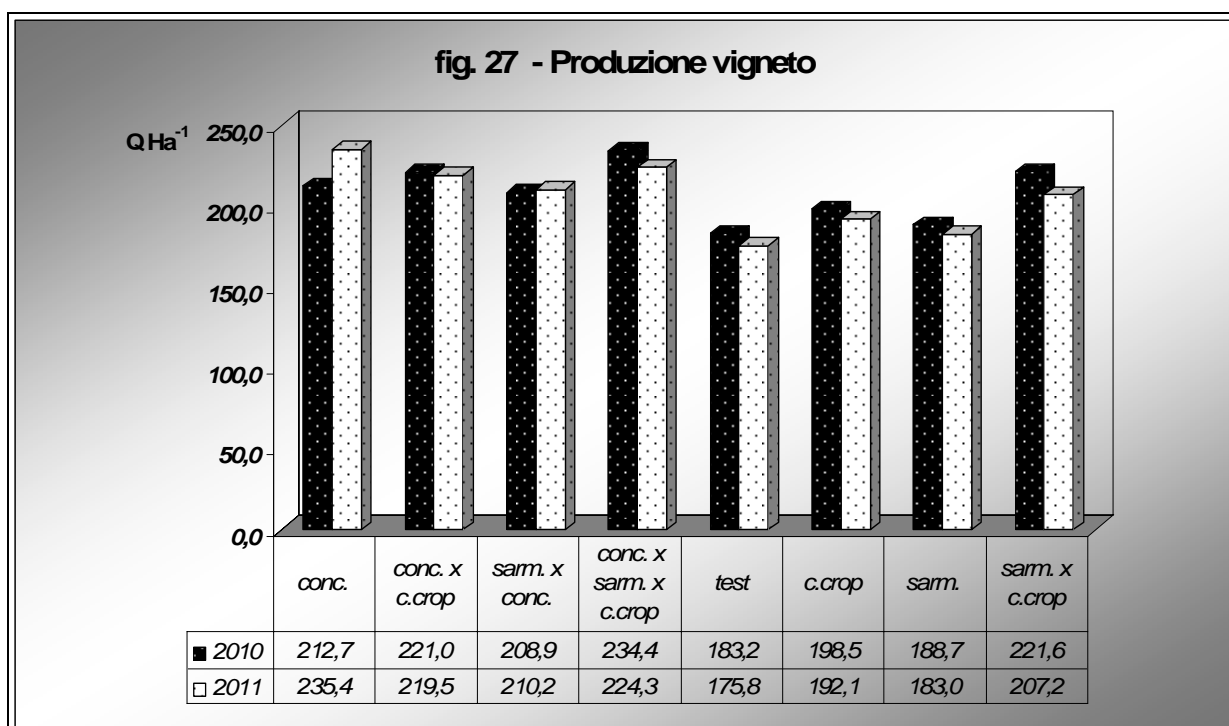
Fig. 24 - Azoto nitrico "Concimazione x Sarmenti trinciati x Cover crop"



4.7 RISULTATI PRODUTTIVI DELLA VITE

L'influenza, che la tecnica di gestione del suolo esercita sul comportamento vegeto-produttivo delle viti, è stata valutata sulla scorta dei dati rilevati nel biennio di sperimentazione.

Dai dati raccolti nel corso della sperimentazione, si è potuto osservare che le diverse tecniche di gestione del suolo hanno influenzato tutti i parametri produttivi del vigneto in maniera differente, nei due anni di osservazione, come è possibile osservare nella Figura 27.



La tesi “Concimazione x Sarmenti trinciati x Cover Crop” ha prodotto la maggiore quantità di uva (234,4 q ha⁻¹) per l’annata 2010, sfruttando l’effetto combinato tra concimazione ed inerbimento, che ha apportato al terreno maggiori quantità di elementi nutritivi disponibili per la pianta. La produzione più abbondante, nel secondo anno di sperimentazione, è stata riscontrata nella

tesi “Concimazione” con 235,4 q ha⁻¹ di uva. Le produzioni, riscontrate nel biennio, sono abbastanza elevate, a causa di favorevole andamento termo pluviometrico per la vite, infatti, per le tesi che hanno previsto una gestione del suolo miglioratrice i valori di produzione sono, generalmente, risultati superiori a 200 q ha⁻¹. Valori relativamente bassi sono stati ottenuti per le tesi che possiamo definire “depauperanti”, cioè quella gestione che non immette nell’agroecosistema viticolo input anche di tipo naturale (Concimazione verde).

Altri caratteri produttivi sono stati analizzati per il biennio di sperimentazione; i risultati ottenuti hanno evidenziato per il 2010 un numero di grappoli per ceppo pari a 18 per la tesi “Concimazione x Sarmenti trinciati x Cover crop”, invece, il risultato più basso è stato 14 grappoli per ceppo registrato per la tesi “Sarmenti trinciati”; gli altri dati aventi valori intermedi sono riportati nella tabella 5. Il peso dei grappoli per ceppo nel 2010 è maggiore nella tesi “Sarmenti trinciati x Concimazione” (5,5 Kg) e minore rispetto a tutti i diversi trattamenti per il testimone (4,1 Kg). Altro parametro rilevato è stato il Peso medio dei grappoli (Kg) che ha subito delle variazioni, in base ai trattamenti effettuati per l’annata agraria 2010, da 0,330 Kg (Concimazione x Cover crop) a 0,261 Kg (Cover crop).

Tabella 5 – Parametri produttivi per l’annata agraria 2010.

PARAMETRI	N° GRAPPOLI	PESO GRAPPOLI	PESO MEDIO	PRODUZIONE UVA
Tesi	ceppo	ceppo (KG)	GRAPPOLO (KG)	q ha⁻¹
Concimazione	16	4,7	0,303	212,7
Conc. x Cover crop	15	4,3	0,330	221,8
Sarm. trinc. x Conc.	16	5,5	0,293	208,3
Conc x Sar. x C.crop	18	5,2	0,289	234,4
Test	15	4,1	0,268	183,2
Cover crop	17	4,2	0,261	198,6
Sarmenti trinciati	14	4,2	0,291	188,7
Sarm. Trinc. x c.crop	15	5,2	0,314	211,2

Nell’annata agraria 2011 i valori rilevati per il parametro Numero di grappoli ceppo sono molto simili ai dati ottenuti nell’annata precedente, il range di valori oscilla da 18 a 15 (Tab. 6). Sempre per il 2011, le piante che hanno presentato la produttività più alta sono state quelle delle tesi “Concimazione”, con una produzione per ceppo di 5.2 kg. Le piante che hanno prodotto meno sono, invece, quelle delle tesi “Cover crop” e “ Sarmenti trinciati” (4,1 kg) (Tab. 6). I risultati di produzione per ceppo (Kg), ottenuti nel 2011 per le altre tesi in prova, sono consultabili dalla tabella 6.

Tabella 6 - Parametri produttivi per l'annata agraria 2011.

PARAMETRI	N° GRAPPOLI	PESO GRAPPOLI	PESO MEDIO	PRODUZIONE UVA
Tesi	ceppo	ceppo (KG)	GRAPPOLO (KG)	q ha⁻¹
Concimazione	17	5,2	0,330	235,4
Conc. x Cover crop	16	4,4	0,310	219,5
Sarm. trinc. x Conc.	16	5,1	0,294	210,9
Conc x Sar. x C.crop	18	4,9	0,282	224,3
Test	16	3,9	0,241	175,8
Cover crop	15	4,1	0,295	192,1
Sarmenti trinciati	15	4,1	0,273	182,9
Sarm. Trinc. x c.crop	16	5,0	0,290	207,5

La concimazione più di ogni altra pratica agronomica, applicata nella nostra sperimentazione, ha influenzato la fertilità reale, il peso medio del grappolo è maggiore nella tesi “Concimazione”. Il valore più basso del peso medio dei grappoli è stato registrato nel 2011 per il testimone che risulta, quindi, la parcella meno fertile (Tab. 6). Rispetto al 2010, il range di oscillazione per il peso medio del grappolo è maggiore (0,330-0,241 Kg).



5. CONCLUSIONI

Il biennio di sperimentazione, ha messo in evidenza la reattività del suolo, in relazione alle diverse tecniche agronomiche più o meno sostenibili, adottate nella gestione del suolo.

Certamente, si è assistito ad una variabile disponibilità nutrizionale, in particolare azotata, nel corso dell'annata agraria, che, non sempre, corrisponde alla reale esigenza della vite.

Il contenuto di sostanza organica ha raggiunto soddisfacenti livelli, grazie all'influenza di tecniche agronomiche, quali l'inerbimento del suolo e l'interramento dei sarmenti trinciati. I risultati ottenuti, nel biennio di sperimentazione, hanno dimostrato che le annate agrarie hanno influito positivamente sull'esito delle performance ottenute, perchè l'andamento termopluviometrico è favorevole alla coltura.

La determinazione dei nitrati nel suolo ha messo in evidenza una gran disponibilità nelle tesi "Concimazione" e, in maniera più contenuta, anche nelle tesi inerbite, nel periodo primaverile marzo-maggio, che coincide al sovescio del cotico erboso; successivamente, si è assistito ad un decremento con valori inferiori a 40 mg l⁻¹.

L'azoto nitrico, nelle tesi inerbite e in quelle tesi che prevedono l'interramento dei sarmenti trinciati, ha presentato dei valori piuttosto contenuti, probabilmente, per la capacità della biomassa d'intrappolare l'azoto. Un'altra quota di azoto viene utilizzata dai microrganismi terricoli per la decomposizione dei sarmenti, quindi, il contenuto medio di nitrati è di 10-20 mg l⁻¹ e la distribuzione nei 12 prelievi (Ottobre-Settembre) effettuati è risultata più omogenea. L'effetto annata ha determinato una variazione non significativa per il contenuto di azoto nitrico del suolo.

Gli andamenti della sostanza organica hanno mostrato: da un lato valori costanti per la gestione tradizionale e dall'altro un aumento della dotazione, per le tesi cover crop e sarmenti trinciati, con incrementi di 0,3-0,5% dal 2009 al 2011, ma, ancor più consistente, è risultato l'effetto combinato della gestione del suolo con l'inerbimento e l'interramento dei sarmenti associata alla concimazione (tesi Concimazione x Sarmenti trinciati x Cover crop); quest'ultimo ha fatto registrare un incremento del

contenuto di carbonio organico dal primo prelievo, effettuato nel 2009 (0,90%), al terzo, effettuato nel 2011 (1,70%), pari all' 0,8 %. Tutto ciò dimostra che la combinazione di questi fattori è determinante nell'arricchimento di sostanza organica dei suoli vitati.

La biomassa interrata, dopo il sovescio dell'inerbimento, ha subito una rapida mineralizzazione, determinando elevati flussi di CO₂; invece, i sarmenti finemente macinati, presentano un rapporto C/N molto elevato; essi sono, infatti, difficilmente mineralizzabili ed, in ogni caso il bilancio netto, per quanto riguarda la sostanza organica del sistema vigneto, è rimasto sempre positivo per la gestione sostenibile adottata nella sperimentazione.

Per quanto concerne l'impiego dei tralci si va sempre più diffondendo la pratica della trinciatura per interrarli nel terreno. Indubbiamente, se la triturazione raggiunge buoni livelli e se l'applicazione viene correlata ad altre tecniche colturali come l'inerbimento, un leggero interrimento e l'aggiunta di azoto, per favorire la degradazione biologica, determinano risultati positivi per i miglioramenti sul contenuto di sostanza organica, nonché sulla struttura del terreno e sull'inibizione delle erbe infestanti. Qualche problema meccanico ed economico rimane per le piccole aziende alle quali non conviene acquistare trinciasarmenti costosi. Si deve, peraltro, sottolineare che queste apparecchiature possono essere sostituite da altre macchine già presenti nell'azienda come la fresa, che può divenire bivalente con la semplice sostituzione degli organi lavoranti. La trinciatura, risulta, tuttavia, più grossolana per cui la degradazione è più lenta.

La grande disponibilità di azoto minerale, immediatamente successiva alla concimazione e all'interrimento delle cover crop, potrebbe rappresentare un aspetto negativo, dal punto di vista ambientale (potrebbe essere soggetto a lisciviazione se non utilizzato dalle piante), ma potrebbe anche determinare un eccessivo rigoglio vegetativo della vite, con ripercussioni sia sui costi di potatura che sulla qualità del prodotto.

Il comportamento del vigneto risulta influenzato dalle tecniche di gestione del suolo, sebbene appaia difficile, dopo due anni di inerbimento e interrimento dei sarmenti, correlare l'effetto della gestione sostenibile del suolo alle variazioni dei parametri agronomici. Tale comportamento risulta totalmente differente dopo più anni di

gestione sostenibile, cioè quando l'interazione vite-cotico erboso è più forte e stabile ed i processi di trasformazione dei sarmenti in sostanza organica hanno incrementato la dotazione di humus.

Una corretta gestione del suolo deve portare ad ottenere la più adatta interazione vitigno-cotico erboso, per un giusto equilibrio vegeto-produttivo, fondamentale in una viticoltura di qualità. I risultati produttivi migliori sono stati ottenuti per la gestione che prevede l'intervento della concimazione, sia come fattore singolo che in combinazione con altri fattori. Tra le tipologie di gestione ecosostenibile, l'effetto della Cover crop, associato all'interramento dei Sarmenti trinciati, ha consentito di ottenere un soddisfacente risultato produttivo (circa 221 q ha⁻¹).

In definitiva, il lavoro fornisce un'importante indicazione sulle tecniche di gestione del suolo ecosostenibili e sulla possibilità di evitare interventi di concimazione nel vigneto; i risultati ottenuti nel biennio mostrano che è possibile coltivare, in ambienti mediterranei, la vite, migliorando le condizioni di fertilità del suolo, senza rischio d'inquinamento, preservando il suolo dal rischio dell'erosione con buoni livelli produttivi. Le tecniche che possiamo consigliare in una corretta e moderna gestione del suolo in viticoltura sono:

- Inerbimento temporaneo con specie graminacee e/o leguminose con sovescio primaverile.
- Trinciatura fine ed interramento dei sarmenti.
- Interventi di concimazione azotata ridotti e, magari, effettuati ad anni alterni.



BIBLIOGRAFIA

- AA.VV, Paolo Sequi (a cura di) *Chimica del suolo*, Bologna, Pàtron, 1989.
- Alda Belsito; et al., *Chimica agraria*, Bologna, Zanichelli, 1988. ISBN 88-08-00790-1
- Amin MHG, Richards KS, Chorley RJ, Gibbs SJ, Carpenter TA, Hall LD. Studies of soil-water transport by MRI. *Magn Reson Imaging* 1996; 14: 879-82.
- Andrea Giordano, *Pedologia*, Torino, UTET, 1999. ISBN 88-02-05393-6
- Berner R. A., (1999) - "A new look at the long-term carbon cycle". *GSA Today* 9: 1-6.
- Bertamini M., Sincher L., Mescalchin E. *Ruolo dell'inerbimento controllato sull'attività della vite e la complessità dell'ecosistema vigneto: esperienze in trentino*. Atti del convegno XXIV MOMEVI sulla gestione del suolo in viticoltura. *Notiziario tecnico* n. 58, 21-31.
- Boden T.A., (2001) – "Global, regional, and national CO₂ emission. In: Trends: a compendium of data on global change". Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA.
- Brooks P.D., Schmidt, S.K., Williams, M.W., (1997) – "Winter production of CO₂ and N₂O from alpine tundra: environmental controls and relationship to inter-system C and N fluxes". *Oecologia* 110, 403-413.
- Bueret e Neury, 1990. L'entretien du sol en viticulture. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 22 (1): 51-52.
- C. M. M. Onreal, M. Schnitzer, H.-R. Schulten, Z C. A. Campbell and D. W. Anderson. *Soil Organic Structures In Macro And Microaggregates Of A Cultivated Brown Chernozem*. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 27, No. 6, pp. 845-853, 1995 Elsevier Science Ltd Printed in Great Britain.
- Collin M., Rasmuson, A., (1988) – "A comparison of gas diffusivity models for unsaturated porous media". *Soil Science Society American Journal* 53, 1559-1565.
- Colugnati G. (1995) - Ipotesi possibili per una moderna gestione del suolo: *Vignevini* n° 5.

- Colugnati G., Cattarossi G., Crespan G. L'inerbimento nel vigneto moderno. *Informatore Agrario* 10/2006. Pagg. 53-65.
- De Ploey J., Gabriel D., (1980) – Measuring soil loss and experimental studies. In: M. J. Kirby, R.P.C. Morgan. *Soil erosion*. J. Wiley and Sons.
- Di Lorenzo R., (2000) - Inerbimento del vigneto in Sicilia. *L'Informatore Agrario* n° 2 pag. 76.
- Dorigoni A., Sicher L. (1992) - The effects of floor management on vine performance: interpretation through soil physical and chemical characteristics. Atti: V Simposio Internazionale di Fisiologia della vite. Istituto Agrario S. Michele all'Adige (TN) e Torino, 11-15 maggio 1992.
- D. Magaldi, G. A. Ferrari, *Il suolo - Pedologia nelle scienze della Terra e nella valutazione del territorio*, Roma, La Nuova Italia scientifica, 1991.
- Egger E., Raspini L., Storchi P. (1985). Gestione del suolo nel vigneto: risultati di ricerche nell'Italia Centrale - *Vignevini* n°12.
- Egger E., Raspini L., Storchi P. (1994). Results of threeyear soil management trials in a vineyard. Proc. V EWRS Mediterranean Symposium << Weed control in sustainable agriculture in the Mediterranean area>>, Perugia, 6-8 June: 349-356.
- G. Gisotti, *Principi di geopedologia*, Bologna, Calderini, 1988.
- Fahnestock J.T., Jones, M.H., Brooks (1998) – “*Winter and early spring CO₂ efflux from tundra communities of northern Alaska*”. *Journal of Geophysical Research* 103, 29023-29027.
- Fierotti G., Sarno R., Stringi L., (1997) L'erosione in Sicilia. *L'Informatore Agrario* n° 49.
- Fontana M. e Venturi A. (1999) – Le tecniche di conduzione. *Agricoltura*, 27 (3): 39-41.
- Forti D., Roat C., Sicher L., Dorigoni A., 1993. Floor management influence in the arthropod fauna and Vineyard flora: preliminary outcomes after the first year. In the Working Group “Integrated Control of Noxious Animals and Plants / West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS). Proceedings of meeting at Bordeaux, France, 2-5 Mar. 1993. IOBC/WPRS Publication.
- Fregoni M. e Scienza A. *L'impiego dei sarmenti della vite*. *Vigne e vini*. 1972, pagg. 74-86.

- Giardini Luigi, *Agronomia generale*, 3, Bologna, Pàtron, 1986.
- Gristina, L., Ferrotti, F., Poma, I., Saladino, S., Barbagallo, M.G., Costanza, P., 2005. Sustainable Use and Management of Soils – Arid and Semiarid Regions. In: Faz Cano, A., Ortiz, R., Mermut, A.R. (Eds.), *Advances in GeoEcology*, 36. Catena Verlag, pp. 103–112.
- Haynes R. J. (1981) - Effect of soil management practices on soil physical properties, earthworm population, and tree root distribution in a commercial orchard soil. *Soil & Tillage Res.*, 1: 269-280.
- Hogue E. J., Neilsen G. (1987) - *Orchard floor vegetation management*. *Horticultural Reviews*, vol. 9: 377-431.
- Haynes R.J., (1981) - “*Effect of soil management practices on soil physical properties, earthworm population, and tree root distribution in a commercial orchard soil*”. *Soil & tillage Res.*, 1 : 269 – 280.
- Havis L., e Gourley J.H., (1937) – “*Soil organic matter and porosità of an orchard soil under different cultural system*”. *Soil sci.*, 43: 413 – 420.
- Howard D.M., Howard, P.J.A., (1993) – “*Relationship between CO₂ evolution, moisture content and temperature for a range of soil types*”. *Soil Biology and Biochemistry* 25, 1537-1546.
- Hurrass J, Schaumann GE. Hydration kinetics of wetttable and water repellent soils. *Soil Sci Soc Am J* 2007; 71: 280-8.
- Kadish E., 1986. Begrünung unter ökologischen und phytosanitären Gesichtspuncten. VII Int. Colloquium Begrünung im Weinbau, Maribor, 03/09-06/09.
- Kirschbaum M.U.F., (1995) – “*The temperature dependence of soil organic matter decomposition and the effect of global warming on soil organic C storage*”. *Soil Biology and Biochemistry* 27, 753-760.
- Krauskof K.B., (1967) – “*Introduction to Geochemistry*”. Mc. Graw Hill, New York.
- Leiro's M.C., (1999) – “*Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture*”. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 327-335.

- Lomander A., Katterer, (1998) – “*Carbon dioxide evolution from top and sub-soil as effected by moisture and constant and fluctuating temperature*”. *Soil Biology and Biochemistry* 14, 2017-2022.
- Loreti F., Pisani P.L., (1986) – “*Lavorazioni del terreno negli arboreti*”. *Agronomia*, n° 2-3: 134 – 152.
- Lounila J, Telkki V-V, Jokisaari J. Extracting information on porous materials by xenon porometry. *Magn Reson Imaging* 2007; 25: 569-70.
- Marcus A. Hemminga e Peter Buurman. *NMR in soil science*. 1997; *Geoderma* 80, 221-224.
- Merwin I.A, Stiles W.C, Van Es H.M., (1994): “*Orchard groundcover management impact on soil physical properties*”. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119: 216 – 222.
- Pinamonti F., 1998. *Compost mulch effects in soil fertility, nutritional status and performance of grapevine*. *Nutrient-Cycling in Agrosystems*, 51: 239-248.
- Sarno R., (1998) - *Principi e Tecniche di Aridocoltura*, Collezione Sicilia 1, Soc. Ed. L'EPOS Palermo.
- Scandella Patrizia, Mecella Giancarlo, (2004) – “*Irrigazione sostenibile - La buona pratica irrigua*”. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, progetto editoriale panda volume 5, 191-217.
- Schaller K., 1991. Ground water pollution by nitrate in viticultural areas. *Proc. Int. Symp. On Nitrogen in greps and wines*. Rantz J.M. Ed., The American Society for Enology and Viticulture.
- Scienza A., Valenti L., 1983. Il ruolo di alcuni interventi colturali del terreno sulle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e sul comportamento vegeto-produttivo del “Cortese” in Val Versa. *Vignevini* 10 (suppl. 6): 57-72.
- Sicher L., (1988) – “*The effect f floor management on vine performance: interpretation through soil physical and chemical caratteristic*”. *Atti: V Simposio Internazionale di fisiologia della vite*.
- Silvestroni O., Palliotti A., Santilocchi R. *Gestione del suolo*. *Viticultura ed enologia biologica*. Ed. Edagricole, 2004; pagg. 163-193.
- Soil Survey Staff, 2006. *Keys to Soil Taxonomy*, 10th ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

- Ventrella D., Rinaldi M., Rizzo V., Carlone G. 1996. *Disponibilità idrica del suolo ed efficienza nell'uso dell'acqua in nuovi avvicendamenti a sussidio idrico limitato*. Riv. Di Agronomia. Anno xxx, n. 1, pagg. 1-7.
- Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method. Soil and Science 34, 29–38.
- Welles J.M., (2001) – “*Consideration for measuring ground CO₂ effluxes with chambers*”. Chemical Geology, 177 (1-2), 3-13.
- Wermelinger B., 1991. Nitrogen dynamic in grapevine. Proc. Int. Symp. On nitrogen in grapes and wines. Rantz J.M. Ed., The American Society for Enology and viticulture.
- Zachar D. (1982) – Soil erosion. Developments in soil science. N. 10, Elsevier Sci Pub. Company, p. 547.