

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie

*Parametri chimici e biologici in suoli gestiti con
tecniche di agricoltura conservativa (PSR Veneto
Misura 214i)*

Relatore

Dott. Paolo Carletti

Correlatore

Prof.ssa Serenella Nardi

Laureando

Alessandro Bono

Matricola

n.1006061

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

"La Terra non ci è stata lasciata in eredità dai nostri padri, ma ci è stata data in prestito dai nostri figli".

Antico proverbio indiano

INDICE

RIASSUNTO	7
1. INTRODUZIONE	9
1.1 Il suolo	9
1.2 La qualità del suolo	10
1.3 Il carbonio ed l'azoto del suolo	12
1.4 L'attività microbica nel suolo	13
1.4.1 Il carbonio e l'azoto della biomassa	14
1.4.2 Le attività enzimatiche	15
1.4.2.1 Fluoresceina DiAcetato idrolasi (FDA)	16
1.4.2.2 β -glucosidasi	16
1.5 Agricoltura convenzionale e problematiche ad essa connesse:	17
1.6 Agricoltura conservativa	20
1.7 Agricoltura per combattere l'effetto serra	23
1.8 PSR Veneto 2007-2013 Misura 214/i: Pagamenti agroambientali – Sottomisura gestione agrocompatibile delle superfici agricole	25
1.9 Il progetto Monitamb 214i	33
2. SCOPO	35
3. MATERIALI E METODI	37
3.1 Disegno Sperimentale	37
3.2 Campionamenti	39
3.3 Analisi del Carbonio della biomassa microbica	40
3.4 Analisi dell'azoto della biomassa microbica	41
3.5 Analisi delle attività enzimatiche	42
3.6 Analisi del carbonio organico	44
3.7 Analisi Statistica	44
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	47
4.1 Carbonio ed azoto organico	47
4.2 Attività enzimatiche	51
4.3 Carbonio ed azoto della Biomassa microbica	53
5. CONCLUSIONI	57
6. BIBLIOGRAFIA	59

RIASSUNTO

L'agricoltura convenzionale comporta nel tempo una degradazione della qualità del suolo principalmente derivante dalla perdita di sostanza organica del suolo. L'agricoltura conservativa si propone come un nuovo modello di pratiche agronomiche, basato sulla minima lavorazione o sulla non lavorazione, capace di migliorare la fertilità e la qualità dei suoli agrari, in una logica di sviluppo sostenibile sia sotto il profilo ambientale che economico.

Veneto Agricoltura ha deciso nel 2010 di aderire alla misura 214i del PSR 2007-2013 con le sue tre principali aziende pilota-dimostrative di pianura (Sasse Rami, Diana e Vallevicchia) ed in particolare all'azione 1 (adozione di tecniche di agricoltura conservativa) e all'azione 2 (copertura continuativa del suolo). Il progetto Monitamb è volto a monitorare gli effetti di queste pratiche sui principali parametri agronomici. Questa tesi, in particolare, ha come oggetto l'analisi di alcuni parametri biologici del suolo, quali il carbonio e l'azoto della biomassa e due attività enzimatiche (FDA e β -glucosidasi) ed il contenuto di carbonio e azoto organico allo scopo di evidenziare dal confronto con parcelle gestite in maniera convenzionale eventuali cambiamenti della fertilità biologica dovuti all'applicazione dei principi dell'Agricoltura Blu.

I dati raccolti mostrano un trend verso l'accumulo di sostanza organica nel suolo nei terreni a gestione conservativa significativo solo nel terzo anno. Le attività enzimatiche risultano i parametri migliori per rilevare le modifiche del sistema con valori più elevati nei campioni a gestione conservativa. Il carbonio organico e quello della biomassa microbica appaiono tra loro correlati e meno sensibili al cambiamento di gestione.

Il protrarsi dello studio nei prossimi anni potrà da un lato confermare le differenze trovate in questo lavoro, dall'altro permetterà di formulare delle ipotesi riguardo ai meccanismi che regolano questa evoluzione.

Conventional agriculture entails soil quality degradation mainly due to loss of soil organic matter. Conservation agriculture management aims to address this problem by adopting no-tillage or reduced tillage practices directed at enhancing soil fertility and quality. Veneto Agricoltura joined the measure 214I of the PSR (regional development plan) 2007-2013, thus adopting the techniques of conservative agriculture in three test-farms. The Monitamb project is aimed to monitor the effects of this management change on soil parameters. This

thesis, performed within the project's framework, focuses on the analysis of some soil biological parameters such as biomass carbon content and the FDA-hydrolase and β -glucosidase enzyme activities and soil organic carbon and nitrogen content, with the aim of evidencing changes in soil fertility following the adoption of Blue Agriculture practices.

Our data show a trend towards soil organic carbon increase in conservative managed soils although statistically significant only for data of the third year. Enzyme activities are best parameters to evidence system modifications in with significantly lower values in conventionally managed soils. Soil organic matter and biomass organic matter show related results appearing as less sensitive to management changes.

Following year's analyses will allow both to confirm changes highlighted in this work and to delineate hypotheses about the mechanisms regulating this changes.

1. INTRODUZIONE

1.1 Il suolo

Il suolo è una risorsa vivente e dinamica, non rinnovabile, le cui condizioni influenzano la produzione alimentare, l'efficienza ambientale e l'equilibrio globale terrestre (Dick, 1997; Doran and Parkin, 1994; Doran and Zeiss, 2000).

È evidente che un'esauriente definizione del suolo è resa difficile dalla complessità dei fenomeni, dalla molteplicità dei meccanismi, dalla variabilità delle azioni e delle trasformazioni che ne caratterizzano la genesi, dal dinamismo che, diversamente influenzato dalle condizioni dell'ambiente, porta alla realizzazione di nuovi equilibri, alla sintesi e alla distribuzione di diversi prodotti di neoformazione. Tuttavia, esso può essere generalmente considerato come un sistema aperto, formatosi dall'attività di numerosi processi fisici, chimici e biologici che hanno operato sinergicamente o in opposizione (Violante, 2002).

Il suolo è un sistema complesso in continua evoluzione, risultato dell'interazione di alcuni fattori che gli esperti indicano con il nome di "Equazione di Jenny" (Jenny, 1961):

- clima (cl)
- organismi viventi (o)
- rilievo (r)
- roccia madre (p)
- tempo (t)

$$S = f(\text{cl}, \text{o}, \text{r}, \text{p}, \text{t})$$

Il suolo è costituito da tre fasi:

- Fase solida, definita dalla presenza di elementi inorganici (es. frammenti di rocce, minerali primari e secondari, materiali amorfi) e organici (residui vegetali ed animali, biomassa, sostanze umiche);
- Fase liquida, rappresentata dall'acqua in cui sono disciolte sostanze inorganiche ed organiche o dispersi, in sospensione, colloidali di varia natura;
- Fase gassosa, costituita da una miscela di gas e vapori, con un contenuto più elevato di vapor d'acqua e di anidride carbonica rispetto all'aria atmosferica.

La conoscenza dei meccanismi di pedogenesi e delle caratteristiche del suolo risulta di fondamentale importanza per l'esercizio dell'agricoltura. La crescita delle piante è determinata, essenzialmente dalle qualità fisiche e chimiche del suolo. Spetta all'agricoltore

il compito di assicurare al metabolismo vegetale le più appropriate condizioni per consentire produzioni con vantaggio economico.

Le proprietà fisiche assicurano infatti:

- Le condizioni idonee a sostenere le diverse entità vegetali;
- L'ambiente adatto a consentire lo svolgimento ottimale delle attività fisiologiche delle radici;
- I caratteri indispensabili a trattenere l'acqua, favorendo l'infiltrazione ed evitandone il ristagno;
- Impedire l'accumulo di anidride carbonica nell'aria tellurica.

Le proprietà chimiche definiscono: la concentrazione dei nutrienti e le condizioni che ne consentono la disponibilità.

L'insieme delle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo definiscono la fertilità dello stesso. La fertilità rappresenta il rendimento massimo ottenibile da un suolo coltivato con le specie vegetali più adatte alle condizioni pedoclimatiche stagionali e gestito con gli opportuni interventi agronomici.

1.2 La qualità del suolo

Le prime definizioni di qualità del suolo risalgono alla fine degli anni Ottanta (Carter *et al.*, 1997); esse considerano come attributi della qualità del suolo principalmente le caratteristiche fisiche, inclusi i fattori quali il grado di lavorabilità, l'aggregazione, la profondità, la capacità di ritenzione idrica, la velocità di infiltrazione e le caratteristiche chimiche, quali il pH e la capacità nutritiva.

Soltanto nella seconda metà del XX secolo si è progressivamente sviluppata una moderna percezione del "sistema suolo" che ha superato gli ambiti della finalizzazione agronomico-produttiva e, nella consapevolezza che esso rappresenta una risorsa finita, non rinnovabile e vulnerabile, ha promosso una più ampia visione del ruolo ecosistemico svolto dal suolo (Larson e Pierce, 1991). La qualità del suolo, quindi, era stata definita come la capacità di un suolo di funzionare all'interno di un ecosistema e di interagire positivamente con l'ambiente esterno, in modo da garantire un mezzo di crescita per le piante.

Più recentemente è stata rivolta maggior attenzione alle interazioni tra la qualità del suolo e le componenti antropiche dell'ecosistema che concorrono a definire le qualità dinamiche del suolo (Doran e Zeiss, 2000). Queste ultime sono intese come tutte le modificazioni, sia positive che negative, subite dal suolo a causa degli interventi umani.

Infine, la *Soil Science Society of America* (SSSA, 1997 e Karlen *et al.*, 1997) ha elaborato una definizione di qualità del suolo che comprende tutti gli aspetti fin qui esaminati e la intende come ‘la capacità del suolo di funzionare entro i limiti di un ecosistema naturale o antropico, per sostenere la produttività di piante ed animali, mantenere e migliorare la qualità dell’acqua e dell’aria e sostenere la salute e la dimora ‘umana’. Questa definizione di qualità del suolo può essere considerata quella più esaustiva (De Clerck *et al.*, 2003), poiché valuta contemporaneamente i tre aspetti fondamentali delle caratteristiche del suolo: la produttività biologica, l’interazione del suolo con gli altri compartimenti ambientali e la salute di piante e di animali, uomo compreso.

La valutazione della qualità del suolo e della direzione del suo cambiamento nel tempo costituisce quindi l’indicatore primario della gestione sostenibile di un territorio. Ovvero diviene un prezioso strumento di programmazione per il ripristino e la conservazione della fertilità integrale, per la difesa dall’impatto di fattori antropici e non, per la prevenzione delle minacce che incombono sul suolo e la mitigazione dei loro effetti, per la programmazione nell’uso del suolo e del territorio secondo forme di gestione compatibili con l’utilizzo attuale e futuro.

La qualità del suolo dipende da un grande numero di proprietà chimiche, fisiche, biologiche e biochimiche e la sua caratterizzazione richiede la selezione delle proprietà più sensibili ai cambiamenti nella gestione agronomica (Yakovchenko *et al.*, 1996).

La sostanza organica del suolo è stata considerata un’importante indicatore della qualità del suolo, perché è una riserva (sink) e sorgente (source) di nutrienti, migliora le proprietà fisiche e chimiche del suolo e promuove l’attività biologica. (Doran e Parkin 1994; Gregorich *et al.*, 1994).

Il decremento di sostanza organica dipende fortemente dal modo in cui il suolo è gestito; esso porta ad una riduzione della fertilità e al degrado delle proprietà fisiche del suolo come la permeabilità, la struttura e la capacità di ritenzione idrica (Houghton *et al.*, 1983).

I cambiamenti nelle proprietà fisiche e chimiche del suolo al variare dei sistemi colturali sono stati intensivamente studiati (Edwards, 1992; Reeves, 1997) ed è stato dimostrato che essi hanno un forte impatto anche sui microorganismi del suolo e sulle proprietà biochimiche (Doran, 1980).

1.3 Il carbonio ed l'azoto del suolo

Il contenuto in carbonio organico del suolo è considerato uno dei parametri più importanti nello studio dei terreni, poiché a variazioni di esso corrispondono mutamenti nelle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo stesso.

Il contenuto di carbonio e azoto organico è determinante per la valutazione del contenuto di sostanza organica nel terreno (Franzluebbers et al. 2000). Tali valori non sono soggetti ad ampie variazioni quando vi è un cambio delle pratiche agricole adottate sul medesimo appezzamento (de la Horra et al. 2003; Jimenez et al. 2002). Marinari et al. (2006) hanno dimostrato che fra il 2000 e il 2001 non c'erano state differenze significative dei valori di carbonio e azoto organici né fra terreni condotti secondo agricoltura biologica e secondo agricoltura convenzionale, né all'interno del medesimo appezzamento. Quindi non si devono attendere cambiamenti significativi del contenuto di sostanza organica da un anno all'altro. Nonostante tutto, possono essere rilevate delle variazioni nel contenuto di carbonio e azoto organici quando vi è un cambiamento degli input al terreno, come fertilizzanti e residui colturali, in quanto questi regolano l'attività microbica e il tasso di mineralizzazione (Gregorich et al. 1994).

Se i residui vegetali costituiscono un input primario di sostanza organica al suolo e fonte di energia essenziale per l'attività delle entità microbiche, le strutture cellulari di queste rappresentano un input secondario (Violante, 2002). È stato accertato, infatti, che in condizioni ambientali ottimali il 60% del carbonio presente nel substrato organico utilizzato dai microorganismi viene convertito in carbonio organico nelle cellule. Per le loro dimensioni estremamente ridotte e perché intimamente legati ai residui organici in via di decomposizione, i microorganismi del suolo (batteri, attinomiceti, funghi, micorrize, alghe, protozoi e virus) non risultano facilmente quantificabili numericamente (Violante 2002).

I residui vegetali ed animali, caratterizzanti l'input primario e secondario di sostanza organica al suolo, per attacco microbico più o meno spinto in funzione delle condizioni ambientali, subiscono una graduale demolizione delle strutture cellulari fino a composti molecolari e ionici. Questi per successivi processi di sintesi e policondensazione (umificazione), vengono trasformati in macromolecole di neogenesi, di natura chimica molto complessa (Violante 2002).

Molte teorie sono state formulate per chiarire i processi biochimici di formazione delle sostanze umiche del suolo. Per molti anni si è ritenuto che le sostanze umiche derivassero dalla lignina (Waksman, 1936). La lignina non completamente utilizzata dai

microrganismi, costituirebbe la parte fondamentale dei composti umici presenti nel suolo. La macromolecola ligninica, parzialmente trasformata, reagirebbe con le proteine, derivate da sintesi microbica, con formazione di una base di Schiff (lignina parzialmente modificata-CHO + -RNH₂ -> lignina parzialmente modificata -CH= N-R + H₂O). Tenuto conto che le sostanze umiche costituiscono un sistema di polimeri, i cui prodotti iniziali sarebbero gli acidi umici, i quali per successiva ossidazione e frammentazione, darebbero origine agli acidi fulvici.

Anche le moderne teorie assegnano alla lignina, un ruolo importante nella sintesi dell'humus. Le aldeidi e gli acidi fenolici derivati dalla lignina verrebbero trasformati, dall'azione biotica, per conversione enzimatica, a chinoni. Questi, successivamente per polimerizzazione, formerebbero macromolecole humus-simili (Stevenson, 1982). L'humus, attraverso l'idrolisi enzimatica dei polimeri precedentemente menzionati e delle sostanze proteiche, viene quindi decomposto e convertito fino allo stato di carbonio inorganico elementare. Questo processo, rappresenta la mineralizzazione ed ha come prodotto finale il rilascio di anidride carbonica.

Il ciclo del carbonio prende quindi origine dall'anidride carbonica dell'aria, con l'organizzazione del C da parte degli organismi autotrofi, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana. Le piante, infatti, trasformano il carbonio minerale della CO₂ in composti organici più o meno complessi, come gli zuccheri, le emicellulose, le pectine, la chitina, la lignina. I microrganismi del terreno, a loro volta, convertono il carbonio organico di tali composti in carbonio minerale che ritorna, sottoforma di anidride carbonica, nell'atmosfera. Una parte di esso, però, rimane nel suolo, andandone a costituire la parte organica (humus).

1.4 L'attività microbica nel suolo.

La biomassa del suolo è costituita per il 60-90% da microflora, rappresentata da batteri, attinomiceti, funghi, micorrize e alghe. Tra gli altri microrganismi, possiamo invece trovare protozoi e virus.

La quantità di biomassa microbica nel suolo rispecchia generalmente il contenuto di sostanza organica, con un rapporto carbonio microbico/carbonio organico compreso in media tra 1 e 5 % in peso (Sparling, 1983); quindi elevati valori di biomassa microbica indicano l'esistenza di condizioni favorevoli allo sviluppo dei microrganismi (Florenzano, 1983).

La biomassa microbica ha dimostrato di essere un indicatore sensibile ai cambiamenti qualitativi e quantitativi della sostanza organica del suolo (SOM) in funzione delle diverse pratiche di gestione del suolo. Essendo la componente attiva della sostanza organica del suolo, la biomassa microbica è coinvolta nelle trasformazioni e nell'accumulo di nutrienti nel suolo. È una buona misura del turnover della sostanza organica e dell'attività biologica degli habitat naturali e degli agro-ecosistemi (Green *et al.*, 2007; Madejón *et al.*, 2009).

I microrganismi del suolo, sono la componente attiva e vitale della sostanza organica del suolo (SOM), svolgono un ruolo estremamente importante nella costruzione della qualità del suolo e della produttività attraverso:

- la degradazione di residui vegetali e animali,
- la partecipazione nei cicli biogeochimici dei nutrienti
- formazione della struttura del suolo
- la disintossicazione dell'ambiente suolo dai prodotti inquinanti siano essi chimici e/o biologici (Anderson and Domsch, 1989; Brooks *et al.*, 2008; Carter *et al.*, 1999; Doran *et al.*, 1998; Franzluebbers, 1999; Jenkinson, 1988; Rice *et al.*, 1994; Sparling, 1992).

L'attività microbica del suolo viene determinata mediante metodi biochimici (Nannipieri, 1993; Martens, 1995), tra i quali particolarmente utilizzati in letteratura sono i metodi di fumigazione-estrazione (Vance *et al.*, 1987; Joergensen e Brookes, 1990).

1.4.1 Il carbonio e l'azoto della biomassa

La biomassa microbica è una delle poche frazioni di sostanza organica (SOM) biologicamente significative, facilmente misurabili, e sensibili all'inquinamento o alle diverse gestioni del terreno (Powlson, 1994). Per questo motivo, essa è usata in numerose attività di monitoraggio dei suoli. L'utilizzazione di metodi specifici ha comunque consentito l'accertamento di biomassa microbica in quantità comprese tra l'1 e il 10% del peso secco totale della sostanza organica (Violante 2002). La quantità, ed il dinamismo delle entità biotiche del suolo risultano definite dalle condizioni ambientali, dalle caratteristiche pedologiche e dalle pratiche colturali. Sebbene il carbonio della biomassa rappresenti, quindi, solamente l'1-3% del C totale presente nel suolo, esso ne costituisce la riserva maggiormente labile (Paul and Ladd, 1981). La conversione della tecnica agronomica da aratura profonda alla gestione conservativa (no tillage) spesso mostra un incremento del contenuto di carbonio e azoto organico del suolo (Buyanovsky e Wagner, 1998; Doran, 1980, 1987; Gajda e Martyniuk, 2005; Gajda *et al.*, 2001; McCarty e Meisinger, 1997; McCarty *et al.*, 1995; Marinari *et al.*, 2006).

Pertanto, la disponibilità di nutrienti e la produttività degli agrosistemi dipendono principalmente dall'attività della biomassa microbica (Friedel *et al.*, 1996).

1.4.2 Le attività enzimatiche

Gli enzimi sono sostanze di origine proteica e svolgono la funzione di catalizzatori all'interno del suolo, essi infatti accelerano la velocità delle reazioni riportando rapidamente il "sistema suolo" in uno stato di equilibrio. Essi sono molto importanti perché controllano il rilascio di nutrienti per le piante e la crescita microbica (Burns 1978).

Infatti gli enzimi permettono ai microbi di accedere all'energia ed ai nutrienti presenti in substrati complessi e accelerando la decomposizione e la mineralizzazione di tali nutrienti, precursori dei processi di umificazione. Senza la loro attività, dunque, molte delle molecole organiche necessarie ai microorganismi per svolgere il loro ciclo biologico sarebbero difficilmente disponibili in condizioni normali. Si ritiene che gli enzimi del suolo siano principalmente di origine microbica (Ladd, 1978), determinarne l'attività enzimatica significa, quindi, poter valutare la diversità microbica funzionale e di conseguenza la qualità del suolo.

Le attività enzimatiche del suolo sono state proposte come opportuni indicatori di qualità del suolo in quanto:

- 1 sono una misura dell'attività microbica del suolo e perciò esse sono strettamente legate ai cicli di trasformazione dei nutrienti;
- 2 possono rispondere rapidamente sia ai cambiamenti naturali sia di natura antropica;
- 3 sono facili da misurare

(Gianfreda e Bollag, 1996; Drijber *et al.*, 2000; Calderon *et al.*, 2000; Colombo *et al.*, 2002; Nannipieri *et al.*, 2002).

Inoltre, come sostenuto da diversi autori (Dick e Tabatabai, 1993; Dick, 1997; van Beelen e Doelman, 1997, Trasar Cepeda *et al.*, 2000) le attività degli enzimi edafici può essere considerata un sensibile e precoce indicatore nella determinazione del grado di degradazione del suolo sia in habitat naturali sia negli agro-ecosistemi e risulta inoltre adatta a misurare l'impatto dell'inquinamento sulla qualità del suolo.

Le proprietà fisiche e chimiche sono state ampiamente utilizzate per misurare la qualità del suolo. Tuttavia, queste proprietà del suolo, solitamente, cambiano molto lentamente, e quindi per un cambiamento significativo devono trascorrere molti anni (Puglisi *et al.*, 2006; Pupin *et al.*, 2009). Per contro, le proprietà biologiche e biochimiche del suolo come l'attività dei microorganismi e / o l'attività di enzimi sono influenzate dagli sbalzi ambientali

improvvisi, e forniscono informazioni sensibili sui cambiamenti nella qualità del suolo nel breve periodo (Frąc *et al.*, 2012; Green *et al.*, 2007; Melero *et al.*, 2010).

Tra gli enzimi, le attività di fluoresceina diacetato (FDA) e di β -glucosidasi sono state frequentemente usate come indicatori dei cambiamenti nella sostanza organica (Gil-sotres *et al.*, 2005).

1.4.2.1 Fluoresceina DiAcetato idrolasi (FDA)

L'idrolisi della Fluoresceina DiAcetato è ampiamente accettata come un metodo accurato e semplice per misurare l'attività microbica totale di una serie di campioni ambientali, compresi i suoli. La FDA è un composto incolore che viene idrolizzato sia dagli enzimi liberi sia da enzimi legati alle membrane (Stubberfield and Shaw, 1990), rilasciando un composto colorato, la fluoresceina, che può essere misurato mediante spettrofotometria e che risulta di colore più intenso all'aumentare dell'attività. Gli enzimi responsabili di questa reazione sono abbondanti nel suolo, come le esterasi non specifiche, le proteasi e le lipasi, le quali sono coinvolte nella decomposizione di molti tipi di tessuti. Poiché l'idrolisi del FDA è catalizzata da un buon numero di enzimi l'attività idrolasica globale del suolo intesa come quantità di fluoresceina diacetato idrolizzato viene considerata tuttora come una misura dell'attività microbiologica del suolo nel suo insieme (Schnurer e Rosswall, 1982). L'uso di questo parametro risulta abbastanza vicino alla realtà, in quanto l'estere, essendo apolare, può essere facilmente trasportato attraverso la membrana cellulare delle cellule attive mentre il prodotto idrolizzato essendo polare rimane fuori delle cellule. Pertanto, in questo modo è possibile valutare le cellule attive presenti nel suolo (Alef, 1995) le quali sono in grado di rispondere a qualunque stress ambientale.

È da sottolineare che alcuni studi hanno evidenziato che l'attività di questo enzima risulta più bassa in terreni sabbiosi e argillosi (Adam e Duncan 2001).

1.4.2.2 β -glucosidasi

La β -glucosidasi è un enzima appartenente alla classe delle idrolasi, che agisce sui legami β -glicosidici dei polisaccaridi (in particolare della cellulosa), idrolizzando i residui terminali di β -D-glucosio e generandone il rilascio rendendolo disponibile ai microorganismi (Esen, 1993).

Essa è principalmente prodotta dai funghi del terreno ma ci sono evidenze che suggeriscono che una frazione significativa della sua attività enzimatica nel suolo dipende

da enzimi escreti nella soluzione circolante o fissati sulle superfici dei minerali argillosi e dei composti umici.

La β -glucosidasi svolge quindi un ruolo fondamentale nel ciclo del carbonio, fungendo da fonte di energia per gli organismi presenti nel terreno ed è per questo apprezzata come potenziale indicatore della qualità dei suoli. È inoltre importante poiché la sua attività, al contrario di molti altri indicatori, è in grado di rilevare i cambiamenti nella gestione del suolo in periodi di tempo relativamente brevi (1-3 anni) ed è piuttosto stabile al variare delle stagioni (Bandick e Dick, 1999).

1.5 Agricoltura convenzionale e problematiche ad essa connesse:

L'agricoltura convenzionale è un'attività economica che mette in atto dei processi biologici in grado di produrre, nel modo più razionale, efficiente e conveniente, dei beni primari richiesti dal mercato. Per raggiungere tale obiettivo utilizza al meglio gli strumenti che la scienza agronomica mette a disposizione (macchine, concimi, diserbanti, antiparassitari). In generale le aziende che praticano l'agricoltura convenzionale fanno ampio ricorso al mercato per l'approvvigionamento dei fattori produttivi. Riassumendo, questa è la forma di agricoltura che, a partire dalla metà del XX secolo, ha saputo compiere sforzi crescenti per assicurare alti livelli di produzione alimentare e soddisfare le esigenze di una popolazione mondiale sempre più crescente. Però l'intensificazione dei processi ha comportato dei costi ambientali in termini di crescita dei consumi di risorse non rinnovabili, riduzione della biodiversità, degradazione del suolo, inquinamento di acque superficiali e profonde. L'agricoltura convenzionale si caratterizza nel perseguire la produttività ad ogni costo, senza considerare la qualità dei suoli, la sostenibilità, la biodiversità, l'importanza delle rotazioni e degli avvicendamenti colturali.

Per questo motivo i piani programmatici della Politica Agricola Comunitaria (PAC) rilevano la necessità di armonizzare il lavoro agricolo con le esigenze di protezione.

Per questo negli anni '90 i regolamenti Europei, ad esempio il 2078/92, ebbero come obiettivo di promuovere l'impiego di metodi di produzione agricola che riducano gli effetti inquinanti dell'agricoltura, contribuendo nel contempo, mediante una riduzione della produzione, ad un migliore equilibrio dei mercati.

Dal dicembre del 1991 è stata emanata dal Consiglio delle Comunità Europee la direttiva CEE 676/91 per la "Protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati". Tale direttiva stabilisce che gli stati membri debbano individuare le zone vulnerabili,

predisporre uno o più codici di buona pratica agricola applicabili a discrezione dell'agricoltore e anche uno o più programmi d'azione per le zone vulnerabili. Per zone vulnerabili si intendono bacini idrografici le cui acque confluiscono in corpi idrici che presentano una concentrazione di nitrati superiore a 50 mg/l o corpi idrici superficiali le cui acque risultano eutrofizzate. Per queste zone, la direttiva stabilisce una dose massima di 170 kg azoto/ha/annuo; per le zone non vulnerabili invece il limite è di 340 kg azoto/ha/annuo.

Cinquant'anni di agricoltura convenzionale hanno indotto i legislatori di tutto il mondo a prevedere una serie di azioni per combattere le esternalità negative di questa gestione agricola.

Fra esse, con la decisione n. 1600/2002/CE, è stato istituito il 6° Programma Comunitario d'Azione in materia di ambiente 2002-2010 che prevede, tra i suoi obiettivi, la tutela delle risorse naturali e l'incentivo ad un utilizzo sostenibile del suolo; nella comunicazione "Verso una strategia per la protezione del suolo" (COM(2002)179) la Commissione Europea ha messo in evidenza i processi di degrado più gravi:

Erosione: L'erosione è prevalentemente causata dalla scarsa capacità d'infiltrazione dell'acqua nello strato superficiale del suolo per l'adozione di inappropriate pratiche agronomiche, elevate pendenze, precipitazioni di notevole intensità dopo lunghi periodi di siccità (Basso *et al.*, 2002; EEA, 1998; Romero Diaz *et al.*, 1995). Secondo le stime dell'Agenzia europea dell'ambiente, 115 milioni di ettari, pari al 12% della superficie totale delle terre emerse europee, sono soggetti ad erosione idrica, mentre 42 milioni di ettari sono colpiti dal fenomeno dell'erosione eolica, di cui il 2% in maniera grave. Principalmente, l'erosione è dovuta alle pratiche convenzionali, alla gestione/bruciatura dei residui colturali e soprattutto alla troppo spinta specializzazione aziendale, che non contempla il riciclo dei residui organici, comportando una progressiva perdita della fertilità agronomica dei suoli (Pisante, 2001a). In Italia circa il 57% del territorio è a rischio di erosione compreso tra 0 e 3 t/ha/anno, il 12% circa è interessato da fenomeni erosivi compresi tra 3-10 t/ha/anno, infine, sul residuo 30% circa del territorio nazionale il rischio di erosione superiore a 10 t/ha/anno (Vand der Knijff *et al.*, 2000). In alcune aree del nostro paese sono presenti sistemi colturali molto eterogenei e nonostante l'aggravarsi del problema dell'erosione del suolo risulta difficile convincere operatori del settore agricolo ad una maggiore attenzione dell'agricoltura verso il territorio attraverso idonee politiche per favorire adeguate azioni di protezione (Pisante, 2007). L'erosione idrica del suolo

rappresenta una minaccia per la sostenibilità dell'umanità intera in tutte le regioni del nostro pianeta (Laflen e Roose, 1998).

Diminuzione della sostanza organica: La sostanza organica contenuta nel suolo svolge un ruolo fondamentale nel ciclo del carbonio. Il suolo, svolge contemporaneamente la funzione di emettitore di gas serra ed importante deposito di carbonio, con oltre 1500 gigatonnellate di carbonio organico e inorganico. Si calcola che circa il 45% dei suoli europei presentano contenuto scarso o molto scarso di sostanza organica (compreso fra lo 0% e il 2% di carbonio organico) e il 45% un contenuto medio (2-6%) (Rusco *et al.*, 2001). Risaltano particolarmente i livelli più bassi nei paesi dell'Europa meridionale: il 74% dei suoli hanno meno del 2% di carbonio organico nello strato superficiale (0-30 cm) (Zdruli *et al.*, 2004).

Compattazione: le stime sulle superficie a rischio compattazione sono variabili. Secondo alcuni autori circa il 36% dei sottosuoli europei è sensibile-molto sensibile a questo fenomeno; altre fonti classificano il 32% dei suoli come altamente vulnerabili e il 18% come moderatamente colpiti dal fenomeno.

La diminuzione della biodiversità del suolo: è intesa non soltanto come diversità di geni, specie, ecosistemi e funzioni, ma anche come capacità metabolica dell'ecosistema. Sulla biodiversità del suolo incidono tutti processi di degrado e tutte le cause contribuiscono in egual misura alla perdita della biodiversità del suolo.

L'agricoltura convenzionale, è contraddistinta da lavorazioni intensive, arature profonde con inversione degli strati, bruciatura dei residui colturali, compattamento del suolo, riduzione della sostanza organica (Arshad *et al.*, 1990), e contribuisce notevolmente ai processi di erosione del suolo.

Una scorretta gestione del suolo, come ad esempio l'intensiva coltivazione senza rotazione delle colture (Reeves, 1997), o contaminazione accidentale/intenzionale da parte di inquinanti civili o industriali (Edwards, 2002), sono le principali cause del degrado del territorio e della riduzione della produttività del suolo.

Alcune ricerche svolte nel bacino del Mediterraneo hanno messo in evidenza che il contenuto della sostanza organica è arrivato su valori critici ormai precipitati al di sotto dell'1% che nel contesto generale possono riassumere alcuni degli effetti negativi dell'agricoltura convenzionale. (Pisante, 2007).

1.6 Agricoltura conservativa

L'Agricoltura Conservativa o Agricoltura Blu, rappresenta un innovativo sistema integrato di gestione per aumentare la sostenibilità della produzione di alimenti e fibre attraverso la conservazione del suolo, dell'acqua e dell'energia (Pisante 2013).

L'Agricoltura Conservativa rappresenta un cambiamento fondamentale nei sistemi di produzione agricola ed è significativamente diversa dall'agricoltura convenzionale (Hobbs, 2008; Shaxson *et. al.*, 2008).

Il termine agricoltura conservativa è stato coniato durante il Primo Congresso Mondiale sull'Agricoltura Conservativa svoltasi a Madrid nel 2001. Si basa su un set di principi e pratiche che possono contribuire a un'intensificazione sostenibile della produzione (FAO, 2008; Pretty, 2008). I principi fondamentali riguardano:

- a. Il minimo disturbo del suolo, che include la non inversione degli strati di terreno e la semina diretta;
- b. La copertura organica permanente del terreno con residui, colture di copertura etc.;
- c. Le rotazioni colturali diversificate, nel caso di colture annuali, o consociazioni, nel caso di colture perenni (Pisante, 2007; Kassam *et. al.*, 2009; Stagnari *et. al.*, 2009).

Le lavorazioni meccaniche sono ridotte al minimo e l'impiego di input esterni come prodotti fitosanitari e fertilizzanti di natura organica o minerale è ottimizzato nei tempi, nelle dosi e nelle modalità di somministrazione, minimizzando l'influenza sui processi biologici. Uno degli aspetti di maggiore interesse per i sistemi agricoli conservativi è rappresentato dal positivo effetto che si registra nella zona degli apparati radicali che, sviluppandosi a maggiore profondità, occupano un volume di suolo relativamente più ampio in grado di svolgere le funzioni di un ecosistema potenzialmente auto sostenibile, per le complesse azioni biologiche svolte dalla sostanza organica ed anche, più in generale, per la migliore struttura che assumono le componenti minerali nel suolo.

A differenza dell'agricoltura convenzionale, l'agricoltura conservativa contribuisce a ridurre le perdite di sostanza organica, incrementare e mantenere la porosità, conseguentemente favorisce una maggiore disponibilità di acqua prontamente utilizzabile per le piante in periodi siccitosi (Derpsch *et. al.*, 1991; Stewart, 2007; Mazvimavi e Twomlow, 2008) questo importante effetto può contribuire alla riduzione della diffusione di specie infestanti, insetti dannosi e vettori parassitari, nel contempo implementare la biodiversità nell'ambito dell'agroecosistema, la fissazione biologica dell'azoto, il conseguimento di produzioni più stabili a costi più bassi (Blackshaw *et. al.*, 2007; Mariki e Owenya, 2007; Gan *et. al.*, 2008).

Inoltre nei sistemi di agricoltura conservativa, gli avvicendamenti colturali favoriscono la biodiversità dell'agro ecosistema in quanto a ciascuna coltura sono associate popolazioni microbiche differenti. L'agricoltura Blu favorisce un aumento del potenziale produttivo del suolo grazie all'incremento dovuto all'interazione tra i principali quattro fattori della fertilità:

1. Fisici: migliora la porosità in termini quantitativi e qualitativi, garantendo adeguati approfondimenti radicali, movimento dell'acqua e respirazione radicale;
2. Chimici: aumenta la capacità di scambio cationico che si traduce in un maggior controllo nel rilascio dei nutrienti;
3. Biologici: più microrganismi, sostanza organica e suoi prodotti di trasformazione;
4. Idrologici: più acqua disponibile (Kassam *et. al.*,2009).

Il miglioramento della porosità del suolo ha due effetti:

- Una maggiore infiltrazione
- Percentuale di acqua nel suolo più alta, con una potenziale percentuale di acqua che si conserva ad una tensione superficiale ottimale per essere prontamente disponibile per le piante.

Le migliori condizioni idriche a livello dell'apparato radicale nei sistemi conservativi, rispetto ai sistemi convenzionali, permettono alle colture un periodo di crescita più lungo alle colture; inoltre, migliora l'efficienza d'uso degli elementi nutritivi, in quanto aumenta il periodo in cui i nutrienti vengono assorbiti dalla pianta.

Un aumento della quantità di sostanza organica nel suolo implica un incremento della disponibilità degli elementi nutritivi derivanti dalla sua decomposizione; favorendo la disponibilità nel tempo dei nutrienti in relazione al graduale rilascio nella soluzione circolante.

I sistemi di gestione basati sulla non lavorazione del suolo, in particolare non effettuando l'aratura, riducono la rapida ossidazione della sostanza organica a CO₂ (Reicosky, 2008; Nelson *et. al.*, 2009). L'accumulo dei residui colturali e gli essudati radicali di metaboliti carboniosi nel suolo determinano un passaggio dalla perdita all'accumulo di carbonio nel suolo, favorendo nel lungo periodo un virtuoso processo di sequestro di carbonio atmosferico (West e Post, 2002, CTIC/FAO, 2008).

In definitiva i vantaggi attribuibili all'agricoltura blu sono:

1. Aumento della percentuale di infiltrazione (Unger *et al.*, 1991);
2. Maggiore ritenzione idrica (Kay e VandenBygaart, 2002);
3. Incremento della sostanza organica (Kay e VandenBygaart, 2002);

4. Diminuzione dell'erosione del suolo, miglioramento della struttura, aumento della produzione e dell'intensità di coltivazione;
5. Riduzione dell'intervallo di tempo tra raccolta e semina, con possibilità di avvicinare ed alternare più colture durante l'anno;
6. Diminuzione dell'impiego di macchine ed attrezzature, dei fertilizzanti, dei prodotti fitosanitari (erbicidi, fungicidi ed insetticidi), dei costi di gestione e manutenzione delle macchine;
7. Minori rischi per l'intera azienda con rese più alte e più sostenibili (FAO, 2001).
8. Migliore struttura del suolo;
9. Minori costi meccanici;
10. Minore forza lavoro;
11. Minori emissioni in atmosfera.

L'obiettivo fondamentale della sostenibilità dell'agricoltura blu è rappresentata dalla conservazione della qualità del suolo ed infatti a seguito dell'introduzione di sistemi conservativi del suolo rispetto all'impiego di un aratro versoio, il no-till può ridurre l'erosione fino al 90% e il ridge-till fino a 70% (Pisante 2007).

Si stima che complessivamente negli Usa l'utilizzo di tecniche conservative preservi mediamente più di 1 miliardo di tonnellate di suolo coltivato all'anno; l'erosione del suolo causata dal ruscellamento è diminuita dal 1982 al 1997 del 30%, e quella dovuta all'azione del vento nello stesso periodo, è diminuita del 31% (Shelton *et al.*, 2000).

L'agricoltura Blu, nella sua impostazione evidenzia che si può conciliare la produzione agricola sostenibile e la conservazione delle risorse naturali, solo se la gestione del sistema, nel tempo, riesce effettivamente ad integrare la riduzione dei fattori produttivi, preservando ed incrementando la fertilità del suolo (Cosentino *et al.*; 2007; García Torres *et al.*, 2003; Pisante, 2001b).

I sistemi di agricoltura conservativa sono stati sviluppati come un'alternativa all'insieme delle tecniche convenzionali quali la monosuccessione, la bruciatura dei residui colturali e l'aratura seguita dalle lavorazioni preparatoria alla semina, al fine di ridurre non solo l'erosione dovuta all'azione dell'acqua meteorica ma anche quella dovuta al vento, per mantenere e/o incrementare il contenuto di sostanza organica (Six *et al.*, 2002).

Inoltre ogni strategia volta alla conservazione del suolo ed all'accumulo di sostanza organica nel terreno non solo migliora le funzioni ambientali fornite dai suoli, ma contribuisce al sequestro di carbonio ed alla diminuzione dei gas serra portando ad una situazione doppiamente vantaggiosa (win-win strategy) (Macias e Camps Aberstain, 2010).

1.7 Agricoltura per combattere l'effetto serra

Nell'ultimo secolo, le temperature medie europee sono aumentate di 0,95 °C e, secondo le previsioni, dovrebbero aumentare di 2-6°C nel prossimo secolo (EEA, 2005). Le elevate emissioni di CO₂ nell'atmosfera, generata dall'uso di combustibili fossili, rappresenta la causa principale del riscaldamento globale della Terra. Di recente, l'attenzione si è rivolta maggiormente verso il rapporto tra la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera e il contenuto di carbonio nel suolo, il problema critico è rappresentato dalla stabilizzazione della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera (EEA, 1998). Numerosi studi sottolineano che il carbonio atmosferico è aumentato anche a causa dell'agricoltura moderna. In linea generale, le coltivazioni intensive portano ad un declino nel contenuto della sostanza organica presente nel suolo (SOM) (Post e Mann, 1990) e al rilascio del carbonio organico (SOC) nell'atmosfera.

L'aumento dell'anidride carbonica nell'atmosfera può essere infatti mitigato da una corretta utilizzazione dell'uso del suolo e delle biomasse. L'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) ha identificato tre principali azioni per la riduzione del carbonio in campo agricolo:

- Riduzione delle emissioni dirette,
- Uso di biocarburanti,
- Aumento della quantità di carbonio sequestrata dai terreni.

La sostanza organica del suolo rappresenta infatti il più importante pool di carbonio della biosfera terrestre: il carbonio organico del terreno (COt) risulterebbe infatti circa il doppio di quello dell'atmosfera e quasi il triplo di quello biologico (Lal e Kimble, 1997).

Questo pool di carbonio può svolgere contemporaneamente il ruolo di deposito del carbonio (*C sink*) indica attraverso l'accumulo del COt e di sorgente di carbonio (*C source*) attraverso la mineralizzazione della sostanza organica e l'emissione dal terreno verso l'atmosfera di CO₂, CH₄, e di altri gas ad effetto serra (Houghton, 2003). Perciò, ogni modificazione in termini di utilizzo e gestione del suolo induce cambiamenti nello stock di carbonio, perfino nei sistemi agricoli dove il carbonio è considerato essere presente in quantità costanti (Lal, 1997; Six *et al.*, 2002). Ad esempio, l'alternanza delle profondità di lavorazione e delle colture, possono incidere sulla capacità di sequestro del carbonio da parte del suolo, e quindi di contribuire ad alleviare l'accumulo di CO₂ nell'atmosfera (Bernoux *et al.*, 2006).

A questi effetti diretti è opportuno aggiungere quelli indiretti ovvero che le pratiche agronomiche conservative determinano un ridotto impiego di mezzi meccanici che

comporta una riduzione del 70% nell'impiego di carburanti (FAO, 2008), a cui si aggiunge minore usura delle attrezzature, consumi di lubrificanti, ecc. Infatti, l'adozione di sistemi conservativi, come la lavorazione minima e la semina diretta riducono notevolmente questo effetto.

Una ricerca sperimentale condotta in Germania da Tebrugge (2001), il cui obiettivo era la valutazione delle emissioni di CO₂ in atmosfera in funzione delle tecniche di lavorazione, ha evidenziato che l'aratura a fronte del consumo di carburante per circa 80 l/ha, determina emissioni in atmosfera pari a 300 kg/ha di CO₂ mentre, la semina diretta richiede soli 10 l/ha di carburante, riducendo le emissioni di CO₂ a 90 kg/ha.

Lindstrom *et al.* (1998) riportano che globalmente, le pratiche agronomiche conservative possono determinare l'accumulo di 0,1-1,3 t/C/ha/anno e possono essere facilmente adottate sul 60% dei territori coltivabili. Tali stime dipendono dall'applicazione continua di sistemi di gestione conservativi. Infatti, tecniche intensive di uso del suolo possono annullare ogni risultato ottenuto in termini di sequestro di carbonio (Triberti *et al.*, 2006).

In virtù di quanto si è appreso negli ultimi anni, alcuni paesi, come Stati Uniti, Argentina e Brasile hanno adottato tecniche di "Agricoltura blu" (agricoltura conservativa) su circa 100 milioni di ettari (Pisante, 2007)

In Italia, la diffusione è limitata anche se recentemente l'agricoltura conservativa è tra gli obiettivi di alcune misure agroambientali del PSR delle regioni Veneto e Lombardia, in cui si sottolinea come l'Agricoltura conservativa contribuisca alla riduzione delle emissioni dirette di gas a effetto serra e al reintegro del carbonio organico che si disperde nell'atmosfera.

L'accumulo di carbonio nel suolo è, quindi, un obiettivo meritevole d'essere perseguito indipendentemente dagli effetti mitiganti sul riscaldamento globale. Accumulare carbonio nel suolo può, infatti, significare migliorare la produttività in alcune aree depresse, migliorare la qualità e la disponibilità d'acqua e recuperare suoli ed ecosistemi degradati in aree sensibili. In altri termini, l'accumulo di carbonio nel suolo è un processo naturale, che può contribuire indirettamente a benefici ambientali, climatici e sociali a scala globale (Pisante, 2007).

Inoltre, le tecniche agronomiche convenzionali producono un aumento di emissione di CO₂ nell'atmosfera e riducono il potenziale (sink effect) di CO₂ sul suolo (Gebhart *et al.*, 1994). Ciò si traduce in una diminuzione della sostanza organica del terreno, per l'accelerata mineralizzazione ed eccessiva diluizione dei residui interrati in rapporto al volume di

terreno spostato, con conseguente aumento della temperatura dell'aria e del riscaldamento globale del pianeta (effetto serra).

1.8 PSR Veneto 2007-2013 Misura 214/i: Pagamenti agroambientali – Sottomisura gestione agrocompatibile delle superfici agricole

(Estratto dall'allegato C DGR.n. 2470 del 29/12/2011 pag 112/200)

Oggi, l'agricoltura blu, rappresenta per il nostro Paese un sistema sostenibile del moderno sviluppo rurale vicino all'ambiente e può determinare un nuovo corso per la sostenibilità ambientale ed economica ed agronomica dell'agricoltura italiana. A tal fine risultano molto incoraggianti le modifiche apportate ai piani di Sviluppo Rurale della Regione Veneto e della Regione Lombardia. La Regione Veneto prima in Italia ed in Europa, nel 2010 ha approvato nell'ambito del PSR 2007-2013 la Misura 214 "sottomisura i".

La Regione del Veneto, attraverso il Programma di Sviluppo Rurale (PSR) 2007- 2013, ha attuato la misura 214 "Pagamenti agro ambientali", sottomisura I "Gestione agrocompatibile delle superfici agricole", che prevede il pagamento di un aiuto economico agli agricoltori che adottano nella loro azienda specifici percorsi agronomici volti alla salvaguardia e tutela dell'ambiente nelle sue varie componenti.

AZIONE 1 – Adozione di tecniche di agricoltura conservativa

1. DESCRIZIONE DELLA MISURA

L'Azione 1 della misura 214/i promuove tecniche colturali innovative, nell'ottica del mantenimento e della tutela della risorsa suolo, perseguendo altresì lo scopo di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera. In tale contesto, la semina su sodo rappresenta una modalità molto incisiva di agricoltura conservativa, e che viene proposta in via esclusiva con la presente azione - definisce un percorso "virtuoso", nell'ambito di interventi mirati alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, grazie alle ridotte esigenze energetiche richieste e alla capacità di preservare gli stock di carbonio del suolo.

Obiettivi

- a) Riduzione della perdita di Carbonio organico dei seminativi causata dalle lavorazioni meccaniche intensive;
- b) Riduzione delle emissioni di CO₂ dovute alle lavorazioni intensive ed alle pratiche agronomiche tradizionali sulle superfici seminate;

c) Aumento della biodiversità nello strato attivo del terreno.

2. IMPEGNI PREVISTI

2.1. Impegni

L'agricoltore che vuole aderire al presente bando deve:

- 1) Adottare le tecniche di agricoltura conservativa su una superficie pari ad almeno il 25% della superficie seminativa aziendale. La superficie minima ad impegno è comunque pari ad 1 ha. Le particelle catastali inizialmente indicate nella domanda di aiuto dovranno essere mantenute continuativamente nell'impegno agroambientale per l'intero periodo quinquennale;
- 2) Adottare in via esclusiva la semina su sodo (sod seeding), consistente nella deposizione del seme nel terreno senza alterarne la struttura preesistente, salvo una fascia ristretta avente la larghezza di 8-10 cm ed una profondità di 6-8 cm in corrispondenza di ogni fila di semina;
- 3) Rispettare il divieto di inversione degli strati del profilo attivo del terreno;
- 4) Applicare un modello di successione colturale rispettoso dei criteri dell'agricoltura conservativa, ovvero prevedendo l'alternanza di cereali autunno vernini o colza/altre crucifere, mais e soia. È condizione obbligatoria il divieto di risemina sulla medesima superficie del mais, in qualità di coltura principale, per due anni consecutivi;
- 5) Trinciare i residui colturali della coltura seminativa principale del mais, qualora non raccolto allo stato ceroso. In ogni caso vanno mantenuti in loco tutti i residui colturali e le stoppie delle colture seminatrici principali (mais, soia, frumento, colza, ...) secondo la tecnica del mulching. Tale tecnica prevede formazione di uno strato di materiale vegetale sparso sul terreno coltivato con i residui colturali, che permane costantemente sulla superficie per tutto il periodo d'impegno, indipendentemente dalle attività di semina delle colture seminatrici a seguire in successione.
- 6) Assicurare la copertura continuativa del terreno durante tutto l'arco dell'anno, attraverso la semina, successivamente alla raccolta della coltura seminativa principale, di:
 - erbai primaverili-estivi (costituiti da erbai intercalari di graminacee oppure da miscugli di graminacee ed altre specie), di cui è ammessa la raccolta,

Oppure:

- cover crops autunno-vernine costituite in prevalenza da specie erbacee graminacee.

Le tipologie specie erbacee adottabili per cover crops sono: sulla, lupinella, dactylis glomerata, loietto o altre graminacee, trifogli, crucifere (rafano, senape, brassica, facelia, tranne in precessione al mais perché determinano allelopatie radicali). Solamente a fine ciclo della cover crop autunno - vernina, è permesso, in via esclusiva, l'utilizzo di dissecanti totali finalizzati alla sua devitalizzazione in loco, preliminarmente e in modo funzionale all'avvio delle operazioni di semina primaverile della coltura seminativa principale successiva.

- 7) Somministrare in dosi frazionate e/o localizzate azoto e fosforo, durante la stagione vegetativa della coltura principale;
- 8) Frazionare e/o localizzare gli interventi di controllo delle infestanti sulla coltura seminativa principale;
- 9) Effettuare l'analisi chimico-fisica annuale dei terreni (suddivise per appezzamenti), al fine di stabilire il loro grado di attitudine all'attivazione delle tecniche di non lavorazione e di monitorarne successivamente in corso di impegno i parametri, riportandoli nell'apposito registro degli interventi colturali, tenuto conto di quanto indicato dal D.M. 13-9-1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo". La Direzione Agroambiente ha approvato, con apposito provvedimento, l'allegato tecnico contenente le indicazioni metodologiche per l'effettuazione delle analisi del terreno (Decreto n. 414 del 16.12.2010).
- 10) Redigere, annotando con cadenza almeno mensile, il "registro degli interventi colturali", che include:
 - i risultati delle analisi chimiche del terreno, sulle superfici aziendali sottoposte ad impegno;
 - la coltura seminativa principale, gli erbai primaverili/estivi o le colture di copertura (cover crops) adottate negli appezzamenti ad impegno;
 - le date di semina, di fertilizzazione e dei trattamenti con agrofarmaci e di devitalizzazione delle cover crops;
- 11) In casi giustificati da condizioni pedoclimatiche particolarmente sfavorevoli (presenza di anossia radicale, eccessivo compattamento del suolo o evidenti fenomeni di ristagno) e preliminarmente comunicati dall'agricoltore e autorizzati da Avepa, che ne dà conoscenza agli Uffici regionali, possono essere adottate tecniche di non lavorazione profonda mediante l'uso di decompattatori.

Va specificato che le tecniche di Agricoltura Blu rispetto alle tecniche di Agricoltura Convenzionale, prevedono necessariamente l'applicazione di un modello di successione colturale, che presenta l'alternanza, come colture principali della rotazione, di cereali autunno-vernini o colza, mais e soia. In tabella 1 è riportata la "successione tipo", che costituisce impegno della presente azione.

Tabella 1. Successione Tipo Azione 1

Anno	Coltura
1	frumento
2	mais
3	soia
4	frumento
5	mais

2.2. Limiti e condizioni

Le aziende che vorranno aderire al presente bando dell'Azione 1 sono obbligatoriamente soggette ai seguenti vincoli e limitazioni:

1. Con riferimento alle particelle catastali soggette ad impegno, il pagamento agroambientale è riconosciuto esclusivamente alle aziende che introducono per la prima volta le tecniche di Agricoltura Conservativa su tale superficie seminativa aziendale;
2. Divieto di utilizzo di fanghi di depurazione, di altri fanghi e residui non tossici e nocivi;
3. Divieto di aratura e di effettuare lavorazioni per la preparazione del letto di semina (erpicoltura, estirpatura, sarchiatura ...). Sono escluse anche le operazioni meccaniche effettuate solo in corrispondenza della fila di semina.
4. Divieto di semina del mais come coltura principale per due anni consecutivi;
5. Divieto di fertilizzazione, diserbo, utilizzo di agrofarmaci e asportazione delle colture di copertura (cover crops); Al fine di devitalizzare la cover crop, sono ammessi esclusivamente principi attivi disseccanti totali.

NORME COGENTI SU TUTTA LA SUPERFICIE AZIENDALE

I beneficiari dell'aiuto devono rispettare, nell'insieme della loro azienda e per tutto il periodo di impegno, i Criteri di Gestione Obbligatoria (Atti) e le Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (Norme e Standard) di Condizionalità, di cui agli articoli 5 e 6 e agli Allegati II e III del Reg. CE n. 73/2009, come annualmente disposto dalla normativa regionale di recepimento.

In particolare, si prevede il rispetto dei Criteri di Gestione Obbligatoria afferenti l'Atto A4 "Direttiva 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", che, tra gli altri, detta le disposizioni in merito ai periodi di sospensione della distribuzione degli effluenti e alle quantità di azoto di origine zootecnica che possono essere oggetto di utilizzo agronomico, nonché dello Standard 1.1 "Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche", Standard 1.2 "Copertura minima del suolo", Standard 2.1 "Gestione delle stoppie" e dello Standard 2.2 "Avvicendamento delle colture". Inoltre, ai sensi dell'articolo 39, comma 3 del Regolamento CE n. 1698/2005, rappresentano norme obbligatorie aggiuntive alla Condizionalità i Requisiti Minimi relativi all'uso di fertilizzanti e prodotti fitosanitari, di cui all'art. 13 del DM 22.12.2009 n. 30125 e s.m.i.

2.3. Durata degli impegni

Il periodo di impegno è pari a 5 anni dalla data di presentazione della domanda.

3. PIANIFICAZIONE FINANZIARIA

3.1. Livello ed entità dell'aiuto

L'importo massimo del premio è pari a 481 euro/ha/anno (pianura) e a 435 euro/ha/anno (collina), per un periodo di impegno pari a 5 anni.

AZIONE 2 – Copertura continuativa del suolo

1. DESCRIZIONE DELLA MISURA

La presente Azione 2 riconosce pagamenti agroambientali a successioni colturali volte favorire la diminuzione del trend della concentrazione di nitrati rilevati nelle acque superficiali e di falda, monitorati sul territorio della Regione del Veneto. Tali successioni colturali, infatti, presentano avvicendamenti di particolare valore nel mantenimento della qualità della risorsa idrica poiché contraddistinti dalla possibilità di ampliare il periodo di attività radicale delle colture quale filtro naturale dell'azoto presente nella soluzione circolante del terreno.

Inoltre, mediante l'introduzione di cover crops nella successione colturale, si propone la copertura dei terreni agrari anche nei periodi di minore attività vegetativa, consentendo di

ridurre i potenziali rilasci in falda dei nutrienti e ottimizzando la disponibilità della risorsa idrica nel profilo dello strato attivo del terreno. L'azione 2 riconosce un pagamento agroambientale a fronte di impegni non consolidati nelle buone pratiche agricole, poiché fondamentalmente non produttivi di reddito alcuno per le aziende, quali l'adozione di cover crops autunno invernali, la semina di erbai primaverili-estivi.

1.1. Obiettivi

Riduzione dei fenomeni di percolazione e dilavamento dei composti azotati e fosfatici provenienti dagli appezzamenti coltivati nelle acque superficiali e profonde.

2. IMPEGNI PREVISTI

2.1. Impegni

L'agricoltore deve:

- 1) Adottare le tecniche colturali su una superficie pari ad almeno il 25% della superficie seminativa aziendale. La superficie minima ad impegno è comunque pari ad un ettaro. Le particelle catastali inizialmente indicate nella domanda di aiuto dovranno essere mantenute continuativamente nell'impegno agroambientale per l'intero periodo quinquennale.
- 2) Applicare successioni colturali che prevedano l'alternanza di cereali autunno-vernini o colza/altre crucifere o altre colture erbacee autunno vernine, mais, soia, barbabietola.
- 3) Evitare di seminare sulla medesima superficie del mais - in qualità di coltura principale, per due anni consecutivi.
- 4) Adottare come colture principali le seguenti
 - a. mais o sorgo;
 - b. soia;
 - c. cereali autunno vernini, colza/altre crucifere o altre colture erbacee autunno vernine;
 - d. barbabietola da zucchero o da foraggio.
- 5) Seminare cereali autunno vernini, colza o altre crucifere o altre colture erbacee autunno vernine almeno 2 anni nei 5 di impegno;
- 6) Seminare cover crops autunno vernine (costituite in prevalenza da specie erbacee graminacee) almeno 3 volte nei 5 anni di impegno, in successione a mais, sorgo, soia, barbabietola, qualora tali superfici non vengano direttamente riutilizzate per la semina autunnale di frumento, altri cereali autunno vernini, colza ravizzone/altre crucifere, o altre colture erbacee autunno invernali. Le tipologie di specie erbacee adottabili per

cover crops sono: sulla, lupinella, dactylis glomerata, loietto o altre tipologie di graminacee, trifogli, crucifere (rafano, senape, brassica, facelia, tranne in precessione al mais perché determinano allelopatie radicali.

- 7) Evitare di utilizzare sulle cover crops alcun tipo di fertilizzante, né effluenti zootecnici, né concimi di sintesi chimica, né presidi fitosanitari o diserbanti.
- 8) Sovesciare le cover crops esclusivamente prima della semina della coltura principale successiva;
- 9) Seminare erbai primaverili-estivi almeno 2 anni sui 5 di impegno in successione a cereali autunno vernini, colza ravizzone/altre crucifere o altre colture erbacee autunno invernali, al fine di assicurare la copertura continuativa della superficie arativa durante il periodo di intensa mineralizzazione della sostanza organica contenuta nel terreno.
- 10) Effettuare l'analisi annuale chimico-fisica dei terreni (suddivise per appezzamento), al fine di determinarne le dotazioni nutrizionali nel periodo d'impegno, tenuto conto di quanto indicato dal D.M. 13-9-1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo". La Direzione Agroambiente ha approvato, con apposito provvedimento, l'allegato tecnico contenente le indicazioni metodologiche per l'effettuazione delle analisi del terreno (Decreto n. 414 del 16.12.2010).
- 11) Redigere il "registro degli interventi colturali", che, per quanto riguarda ciascuna annualità dell'impegno quinquennale, include:
 - i risultati delle analisi chimiche del terreno, sulle superfici aziendali sottoposte ad impegno;
 - la coltura seminativa principale, gli erbai primaverili/estivi o le colture di copertura (cover crops) adottate negli appezzamenti ad impegno.

Gli impegni sopra esposti, devono, tener conto della necessaria alternanza delle differenti tipologie di colture principali nel quinquennio, considerato anche il divieto di successione del mais per due anni consecutivi sulla medesima superficie.

In tabella 2 viene illustrata la successione "tipo" di colture principali da rispettare nell'adesione alla presente Azione.

Tabella 2. Successione Tipo Azione 2

ANNO	COLTURA PRINCIPALE	IMPEGNO AGROAMBIENTALE COLLEGATO
1	COLTURA PRIMAVERILE ESTIVA (<i>mais, sorgo, soia o barbabietola da zucchero o da foraggio, ...</i>)	Semina cover crops

2	COLTURA AUTUNNO-VERNINA <i>(cereali autunno vernini o colza, ravizzone o altra crucifera, o altra coltura erbacea autunno invernale)</i>	Semina erbai estivi
3	COLTURA PRIMAVERILE ESTIVA <i>(mais, sorgo, soia o barbabietola da zucchero o da foraggio, ...)</i>	Semina cover crops
4	COLTURA AUTUNNO-VERNINA <i>(cereali autunno vernini o colza, ravizzone o altra crucifera, o altra coltura erbacea autunno invernale)</i>	Semina erbai estivi
5	COLTURA PRIMAVERILE ESTIVA <i>(mais, sorgo, soia o barbabietola da zucchero o da foraggio, ...)</i>	Semina cover crops

2.2. Limiti e condizioni

Le aziende beneficiarie che aderiscono al presente bando inerente l’Azione 2 sono obbligatoriamente soggette ai seguenti vincoli, limitazioni e condizioni di ammissibilità:

1. Divieto di utilizzo di fanghi di depurazione, di altri fanghi e residui non tossici e nocivi;
2. Divieto di fertilizzazione organica e chimica, diserbo, utilizzo di agrofarmaci e asportazione delle colture di copertura (cover crops);
3. Divieto di semina del mais come coltura principale per due anni consecutivi;

NORME COGENTI SU TUTTA LA SUPERFICIE AZIENDALE

I beneficiari dell’aiuto devono rispettare, nell’insieme della loro azienda e per tutto il periodo di impegno, i Criteri di Gestione Obbligatoria (Atti) e le Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (Norme e Standard) di Condizionalità, di cui agli articoli 5 e 6 e agli Allegati II e III del Reg. CE n. 73/2009, come annualmente disposto dalla normativa regionale di recepimento.

In particolare, si prevede il rispetto dei Criteri di Gestione Obbligatoria afferenti l’Atto A4 “Direttiva 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”, che, tra gli altri, detta le disposizioni in merito ai periodi di sospensione della distribuzione degli effluenti e alle quantità di azoto di origine zootecnica che possono essere sottoposte ad utilizzo agronomico, nonché dello Standard 1.1 “Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche”, Standard 1.2 “Copertura minima del suolo”, Standard 2.1 “Gestione delle stoppie” e dello Standard 2.2 “Avvicendamento delle colture”.

Inoltre, ai sensi dell’articolo 39, comma 3 del Regolamento CE n. 1698/2005, rappresentano norme

obbligatorie aggiuntive alla Condizionalità i Requisiti Minimi relativi all'uso di fertilizzanti e prodotti fitosanitari, di cui all'art. 13 del DM 22.12.2009 n. 30125 e s.m.i..

2.3. Durata degli impegni

Il periodo di impegno è pari a 5 anni dalla data di presentazione della domanda.

3. PIANIFICAZIONE FINANZIARIA

3.1. Livello ed entità dell'aiuto

L'importo massimo del premio è pari a 302 euro/ha/anno, per un periodo di impegno pari a 5 anni.

1.9 Il progetto Monitamb 214i

Veneto Agricoltura ha deciso nel 2010 di aderire a tale misura con le sue tre principali aziende pilota-dimostrative di pianura (Sasse Rami, Diana e Vallevicchia) ed in particolare all'azione 1 (adozione di tecniche di agricoltura conservativa) e all'azione 2 (copertura continuativa del suolo) previste dalla misura 214i.

A questa sperimentazione è stato dedicato circa il 50% della SAU (Superficie Agraria Utile) (oltre 300 ha), superficie nella quale è stato quindi avviato un progetto di monitoraggio degli effetti di questa applicazione sui principali parametri agronomici. Si intende poi completare il quadro delle azioni sperimentali attraverso l'analisi degli effetti ambientali dal punto di vista della tutela del suolo, della biodiversità e della qualità delle acque.

In linea generale, nelle tre aziende si persegue l'obiettivo di confrontare terreni soggetti alle azioni 1 e 2 della sottomisura 214/I con suoli gestiti invece con le pratiche agronomiche convenzionali.

Per rendere significativo tale confronto, sono state predisposte sin dal 2010 numerose coppie di appezzamenti sufficientemente omogenei e vicini (appezzamenti di lungo periodo). Per ogni coppia, un campo è stato gestito con l'Azione 1 o l'Azione 2, mentre l'altro con le tecniche colturali convenzionali.

Il progetto ha una durata di tre anni, a partire dalla primavera 2012. Per ogni anno è prevista la ripetizione di campionamenti ed analisi, in modo da poter avere un riscontro nel tempo, tenuto conto che gli effetti del passaggio all'agricoltura conservativa si evidenziano nel lungo periodo.

Questa tesi, in particolare, ha come oggetto l'analisi di alcuni parametri biologici, quali il carbonio e l'azoto della biomassa e due attività enzimatiche (FDA e β -glucosidasi) ed il

contenuto di carbonio ed azoto organico dei suoli, nel corso del secondo anno di sviluppo del progetto MONITAMB. L'intera tesi è stata svolta in collaborazione con la dott.ssa Francesca Chiarini di Veneto Agricoltura, coordinatrice del progetto, ed il dott. Lorenzo Furlan, dirigente del Settore Ricerca Agraria di Veneto Agricoltura.

2. SCOPO

Risulta evidente che le pratiche agronomiche convenzionali adottate negli ultimi decenni hanno portato ad un progressivo peggioramento della qualità dei suoli agrari. Questo ha spinto la comunità scientifica e gli esperti del settore verso la ricerca di nuove tecniche di gestione agronomica dei terreni. Un nuovo modello (Agricoltura Blu) di pratiche agronomiche conservative è stato proposto come capace di aumentare la fertilità e la qualità dei suoli agrari, in una logica di sviluppo sostenibile sia sotto il profilo ambientale che economico.

Il Programma di Sviluppo Rurale (PSR) 2007-2013 prevede per la misura 214i l'Azione 1 adozione di tecniche di agricoltura conservativa e l'Azione 2 copertura continuativa del suolo allo scopo di favorire ed incentivare pratiche di agricoltura blu.

Veneto Agricoltura con il progetto MONITAMB 214I persegue l'obiettivo di confrontare terreni soggetti alle azioni 1 e 2 della sottomisura 214/I con suoli gestiti invece con le pratiche convenzionali nelle sue tre principali aziende pilota dimostrative di pianura (Diana, Sasse Rami, e Vallevicchia). Il progetto è volto ad evidenziare gli effetti di queste applicazioni sui principali parametri agronomici e gli effetti ambientali derivanti da esse riguardanti la tutela della qualità del suolo, la biodiversità edafiche e la qualità delle acque. Il presente lavoro di tesi si inserisce in questo progetto condividendone gli obiettivi. In particolare in questa tesi sono stati analizzati alcuni parametri correlati alla qualità biologica del suolo, quali:

- il contenuto di carbonio ed azoto della biomassa;
- le attività enzimatiche: FDA-idrolasi e b-glucosidasi;
- il contenuto di carbonio ed azoto organico;

allo scopo di evidenziare dal confronto con parcelle gestite in maniera convenzionale eventuali cambiamenti della fertilità biologica dovuti all'applicazione dei principi dell'Agricoltura Blu.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Disegno Sperimentale

I campionamenti sono stati eseguiti in tre aziende pilota-dimostrative di Veneto Agricoltura in collaborazione con la Dott.ssa Francesca Chiarini di Veneto Agricoltura, coordinatrice del progetto.

- Sasse Rami, Ceregnano (RO)
- Diana, Mogliano Veneto (TV)
- Vallevecchia, Caorle (VE)

Per le aziende Diana e Vallevecchia sono stati prelevati campioni in 16 appezzamenti: metà delle superfici campionate erano soggette alle azioni previste dalla sottomisura 214/I, mentre l'altra metà era coltivata secondo le tecniche convenzionali. Gli appezzamenti sottoposti a coltivazione tradizionale sono poi stati contraddistinti in "Convenzionale azione 1" e "Convenzionale azione 2", a seconda della diversa gestione degli appezzamenti di riferimento.

Per Sasse Rami, invece, gli appezzamenti campionati si sono ridotti a 12, poiché le superfici gestite con le tecniche tradizionali servivano in questo caso a confrontare i terreni soggetti a entrambe le azioni (Tabella 3).

Tabella 3. Schema degli appezzamenti campionati nelle tre aziende

AZIENDA	N. App.	Misura	AZIENDA	N. App.	Misura	AZIENDA	N. App.	Misura
Sasse Rami	78	AZ. 1	Diana	36	Convenz.	Vallevecchia	12/2	Convenz.
Sasse Rami	79	AZ. 2	Diana	37	AZ. 1	Vallevecchia	12/3	AZ. 1
Sasse Rami	82	Convenz.	Diana	73	Convenz.	Vallevecchia	2/11	AZ. 2
Sasse Rami	81	AZ. 2	Diana	74	AZ. 2	Vallevecchia	2/12	Convenz.
Sasse Rami	99	AZ. 1	Diana	44	Convenz.	Vallevecchia	13/3	AZ.2
Sasse Rami	100	Convenz.	Diana	42	AZ. 1	Vallevecchia	13/4	Convenz.
Sasse Rami	83	Convenz.	Diana	12	Convenz.	Vallevecchia	13/5	Convenz.
Sasse Rami	84	AZ. 2	Diana	11	AZ. 2	Vallevecchia	13/6	AZ. 1
Sasse Rami	91	AZ. 1	Diana	63	Convenz.	Vallevecchia	15/7	AZ. 2

AZIENDA	N. App.	Misura	AZIENDA	N. App.	Misura	AZIENDA	N. App.	Misura
Sasse Rami	113	AZ. 2	Diana	62	AZ. 1	Vallevecchia	15/8	Convenz.
Sasse Rami	114	Convenz.	Diana	55	Convenz.	Vallevecchia	15/9	Convenz.
Sasse Rami	115	AZ. 1	Diana	54	AZ. 2	Vallevecchia	15/10	AZ. 1
			Diana	29	Convenz.	Vallevecchia	16/11	AZ. 1
			Diana	30	AZ. 1	Vallevecchia	16/12	Convenz.
			Diana	26	Convenz.	Vallevecchia	16/13	Convenz.
			Diana	27	AZ. 2	Vallevecchia	16/14	AZ. 2

Tutte le particelle prese in considerazione sono sottoposte a rotazioni colturali quadriennali, come previsto dalla sottomisura 214/I. Di seguito sono riportate le colture effettuate nell'ultimo biennio (Tabella 4).

Tabella 4 Cronologia delle rotazioni effettuate nei diversi appezzamenti

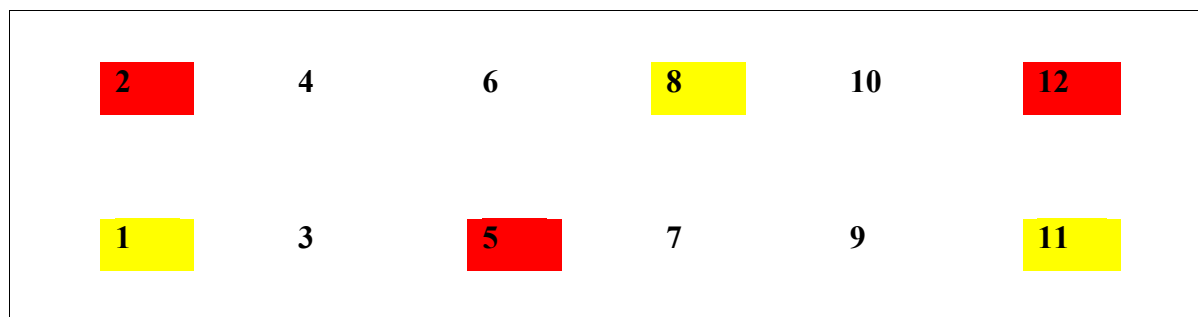
Azienda	Appezzamento	Coltura 2011	Coltura 2012	Coltura 2013
SasseRami	78	soia	frumento	colza
SasseRami	79	soia	frumento	colza
SasseRami	82	soia	frumento	colza
SasseRami	81	mais	soia	frumento
SasseRami	99	mais	soia	frumento
SasseRami	100	mais	soia	frumento
SasseRami	83	frumento	colza	mais
SasseRami	84	frumento	colza	mais
SasseRami	91	frumento	colza	mais
SasseRami	113	colza	mais	soia
SasseRami	114	colza	mais	soia
SasseRami	115	colza	mais	soia
Diana	36	soia	frumento	colza
Diana	37	soia	frumento	colza
Diana	73	soia	frumento	colza
Diana	74	soia	frumento	colza
Diana	44	mais	soia	frumento
Diana	42	mais	soia	frumento
Diana	12	mais	soia	frumento
Diana	11	mais	soia	frumento
Diana	63	frumento	colza	mais
Diana	62	frumento	colza	mais
Diana	55	frumento	colza	mais
Diana	54	frumento	colza	mais
Diana	29	colza	mais	soia

Azienda	Appezamento	Coltura 2011	Coltura 2012	Coltura 2013
Diana	30	colza	mais	soia
Diana	26	colza	mais	soia
Diana	27	colza	mais	soia
Vallevecchia	12/2	mais	soia	frumento
Vallevecchia	12/3	mais	soia	frumento
Vallevecchia	2/11	mais	soia	frumento
Vallevecchia	2/12	mais	soia	frumento
Vallevecchia	13/3	frumento	colza	mais
Vallevecchia	13/4	frumento	colza	mais
Vallevecchia	13/5	frumento	colza	mais
Vallevecchia	15/6	frumento	colza	mais
Vallevecchia	15/7	soia	frumento	colza
Vallevecchia	15/8	soia	frumento	colza
Vallevecchia	15/9	soia	frumento	colza
Vallevecchia	15/10	soia	frumento	colza
Vallevecchia	16/11	colza	mais	soia
Vallevecchia	16/12	colza	mais	soia
Vallevecchia	16/13	colza	mais	soia
Vallevecchia	16/14	colza	mais	soia

3.2 Campionamenti

I campionamenti sono stati eseguiti in due periodi differenti: a Giugno nelle superfici coltivate a frumento e colza, a Settembre in quelle coltivate a mais e soia. Per ogni appezzamento, il campionamento è stato effettuato prelevando terreno in precisi punti precedentemente georeferenziati e rintracciabili tramite sistema GPS. Per ogni punto, il campione è stato prelevato tramite due trivelamenti, fino ad una profondità di circa 30 cm. Il campione rappresentativo di ogni particella è stato quindi costituito con l'unione dei terreni prelevati in 3 punti della stessa. Per gli appezzamenti gestiti ad "Azione 1" e "Convenzionale azione 1", sono stati ricavati 2 campioni, ognuno di 3 punti, chiamati rispettivamente "replica a" e "replica b", per gli altri appezzamenti invece è stato effettuato un solo campionamento. In totale sono stati analizzati 44 appezzamenti per ogni anno.

Uno schema semplificato dell'operazione di campionamento si può osservare in Figura 1.





-  Punti campionati per la “replica a”
-  Punti campionati per la “replica b”

Figura 1: schema di campionamento eseguito in ogni appezzamento

La denominazione di ogni campione è stata ottenuta dalla prima lettera dell'azienda corrispondente, dal nome dell'appezzamento ed infine dalla replica (ad es. D34a).

I campioni sono stati trasportati poi in laboratorio e conservati in frigo ad una temperatura di circa 4° C, in vista delle successive analisi.

Per ogni campione una parte è stata suddivisa in tre aliquote, delle quali si è registrato il peso fresco. Queste ultime sono state lasciate a seccare all'aria per qualche giorno ed infine si è valutato il peso secco. La differenza tra peso fresco e peso secco dell'intero campione è stato quindi determinato dalla media di 3 misure.

3.3 Analisi del Carbonio della biomassa microbica

Per quantificare la biomassa microbica del suolo è stato adottato il metodo della fumigazione – estrazione secondo Sparling e West (1988). La determinazione del C organico è stata effettuata secondo la tecnica di Kirchner, Wollum and King (1993).

Per ogni campione di suolo si pesano 6 aliquote, 3 delle quali sono sottoposte a fumigazione. In totale sono state quindi eseguite 6 determinazioni per 68 campioni: 408 analisi.

Fumigazione: l'operazione si svolge interamente sotto cappa. I campioni vengono inseriti in crogiuoli e raccolti in una campana di vetro che funge da essiccatore. Sul fondo della

campana vengono posti due becker, uno con della soda a scaglie e uno in cui vengono versati circa 50 ml di cloroformio e palline di vetro. L'essiccatore viene quindi chiuso e si crea il vuoto al suo interno tramite una pompa di aspirazione. Una volta, realizzato il vuoto viene chiuso il rubinetto, si pone la campana al buio, a temperatura ambiente al buio per 16 ore. Trascorse le 16 ore si apre il rubinetto per rompere il vuoto e si apre l'essiccatore, lasciando i campioni all'aria fino a che il cloroformio non sia evaporato.

Estrazione: tutti i campioni (fumigati e non fumigati) vengono trasferiti con cura in un tubo da centrifuga a cui vengono aggiunti 32 ml di solfato di potassio (K_2SO_4) 0,5 M (rapporto suolo - estraente 1:4). Il contenitore viene quindi posto su un agitatore alternativo per 30 min. a 180 r.p.m. Quindi si centrifuga a 6000 giri al minuto per 5 minuti. Il surnatante viene poi filtrato in tubi Falcon attraverso filtri Whatman n° 42. I contenitori devono essere conservati in congelatore oltre i $-15^\circ C$ se non è possibile effettuare le analisi immediatamente.

Determinazione: in una beuta vengono inseriti 6 ml di estratto, al quale si aggiungono nell'ordine 1 ml di $K_2Cr_2O_7$ 0,066 M e 5 ml di H_2SO_4 concentrato. Si preparano inoltre con lo stesso metodo 2 bianchi in cui al posto dell'estratto si inseriscono 6 ml di K_2SO_4 . Le beute vengono poste in stufa a $150^\circ C$ per 30 min. Trascorso tale tempo, si tolgono i campioni dalla stufa e si lasciano raffreddare, aggiungendovi dell'acqua deionizzata. Si procede dunque alla titolazione con ferro solfato 0,0165 M in presenza dell'indicatore difenilamina.

Calcolo del C microbico: Il contenuto di carbonio microbico viene determinato per differenza fra il contenuto di carbonio dei campioni sottoposti a fumigazione e dei campioni non sottoposti a fumigazione con le letture corrette per il bianco e corretti per il valore di 2,63 come proposto da Vance *et al.*, (1987). Il dato finale è espresso in mg di carbonio per kg di suolo secco.

3.4 Analisi dell'azoto della biomassa microbica

Per quantificare la biomassa microbica del suolo è stato adottato il metodo della fumigazione – estrazione secondo Sparling e West (1988). La determinazione del N organico è stata effettuata secondo la tecnica del persolfato Cabrera M. L., Beare M. H. (1993).

Determinazione: l'aliquota di campione utilizzato per la determinazione dell'azoto organico viene prelevato dagli estratti conservati in congelatore, i quali sono stati

sottoposti a fumigazione ed estrazione come previsto dal metodo di Sparling e West (1988).

Fumigati: in una beuta vengono inseriti 3 ml di estratto, al quale si aggiungono nell'ordine 1 ml di K_2SO_4 0,5 M e 4 ml di soluzione ossidante.

Non fumigati: in una beuta vengono inseriti 3 ml di estratto, al quale si aggiungono nell'ordine 1 ml di K_2SO_4 0,5 M e 4 ml di soluzione ossidante.

Bianco: in una beuta si inseriscono 3 ml di K_2SO_4 poi si aggiungono 4 ml di soluzione ossidante.

Tutte le beute vengono poste in stufa a 120° C per 30 min. Trascorso tale tempo, si tolgono i campioni dalla stufa e si lasciano raffreddare.

Con la mineralizzazione, tutto l'azoto viene ossidato a nitrato N- NO_3 . Per determinare l'azoto totale bisogna ridurre N- NO_3 ad azoto nitroso N- NO_2 ciò si realizza facendo passare 0,2 ml, attraverso una colonna di cadmio ramato.

Al campione ridotto vengono aggiunti nell'ordine 1 ml di Sulfanammide al 1% e dopo 5 minuti, 1 ml di Naftiletildiammina allo 0,1%, si agita tutto e si porta a volume in matracci da 25 ml con NH_4Cl 0,5 M.

I campioni assumono una colorazione rosa più o meno intensa a seconda del contenuto di azoto. Di ogni campione ridotto si calcola il valore di assorbanza allo spettrofotometro con una lunghezza d'onda pari a 543 nm e si confronta con una retta di taratura ottenuta con concentrazioni note di KNO_3 .

Calcolo del azoto della biomassa: Il contenuto di azoto viene determinato per differenza fra il contenuto di azoto dei campioni sottoposti a fumigazione e dei campioni non sottoposti a fumigazione con le letture corrette per il bianco. Il dato finale è espresso in mg di azoto per kg di suolo secco.

3.5 Analisi delle attività enzimatiche

Le analisi di attività enzimatica sono state eseguite solo sui campioni delle parcelle sottoposte a gestione dell'azione 1 e sui relativi controlli convenzionali per un totale di 48 campioni

Per ogni campione la determinazione viene eseguita su tre repliche e viene effettuata una prova di controllo in cui il campione viene incubato in assenza di substrato, per quantificare il livello del prodotto di reazione presente nel campione in assenza della

reazione enzimatica. In totale sono quindi state eseguite 144 determinazioni per ciascuna attività enzimatica.

Il dato finale è espresso in quantità del prodotto di reazione per il tempo di incubazione per grammo di suolo secco normalizzato grazie al dato del rapporto tra suolo fresco e suolo secco.

FDA-idrolasi

Vengono inseriti 2 g suolo umido in beute da 50 ml con 15 ml di Tampone Fosfato (8,7 g di K_2HPO_4 e 1,3 g di KH_2PO_4 sono disciolti in 800ml di H_2O e portati a volume in 1 l) e 0,2 ml di FDA Stock (0,1 g di Fluoresceina diacetato (3'6'-diacetyl-Fuorescein) in 80 ml di Acetone e portato 100 ml sempre con Acetone). Poi il composto viene agitato e messo nell'incubatore orbitale a 30°C per 20 minuti.

Si preparano controlli in cui non viene inserita la soluzione FDA Stock. Aggiunti poi 15ml di Cloroformio e Metanolo in rapporto 2:1 per fermare l'attività enzimatica e agitare forte a mano. Successivamente i composti vengono messi in tubi da centrifuga e centrifugati a 2000 r.p.m. per circa 3 minuti e successivamente filtrati con carta filtrante Whatman 2.

Le assorbanze delle varie soluzioni sono state misurate con lo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 490nm.

β -glucosidasi

In una beuta da 50 ml vengono inseriti 1g di terreno di suolo fresco e si aggiungono 0,25 ml di Toluene e 4 ml di TUM-6,0 (12,1 g di Tris (idrossimetil) amminometano più 11,6 g Acido Maleico più 14,0 g Acido Citrico più 6,3g Acido Borico in 488 ml NaOH 1M e diluire in 1 litro con H_2O ; poi di questa soluzione si prendono 200 ml e portare a pH 6 con HCl 0,1 N e diluire a 1l con H_2O) ed 1 ml di substrato: solubilizzare 0,377 g p-Nitrophenyl β -D-glucopyranoside in 50 ml di TUM-6,0. Agitati per alcuni secondi i vari composti sono stati poi incubati per 1 ora a 37°C grazie a un bagnetto termostato.

La reazione è stata poi bloccata con 1 ml $CaCl_2$ 0,5 M e 4 ml TRIS-NaOH 0,1 M pH 12. Si agita poi il tutto per alcuni secondi e si filtra con carta da filtro Whatman n.2.

Per i controlli invece si è aggiunto il substrato subito prima di filtrare e dopo che sono stati inseriti $CaCl_2$ e TRIS-NaOH.

Infine si esegue la lettura con spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 400 nm usando come bianco tutto tranne il substrato che verrà sostituito da 1 ml di TUM-6.

3.6 Analisi del carbonio organico

Le analisi per la determinazione del carbonio organico sono state eseguite su campioni prelevati negli anni 2011, 2012 e giugno 2013 (per un totale di 146 campioni). I campioni dell'anno 2011 sono stati formati prelevando 10gr di suolo, setacciato a 2mm, dai campioni precedentemente prelevati in ogni parcella ai punti georeferenziati 1, 2, 5, 8, 11 e 12 alle profondità 0-5 cm e 5-30 cm facenti parte del progetto "Carbotieni" il cui responsabile scientifico è il Prof. F. Morari. Quindi per l'anno 2011 sono stati costituiti 44 campioni del peso di 120 gr ciascuno. Per i 68 campioni del 2012, e per i 34 del giugno 2013, sono stati pesati circa 50 gr di terreno, che sono stati poi fatti essiccare all'aria per un paio di giorni. Il terreno essiccato è stato quindi setacciato a 2 mm.

Per la determinazione del carbonio organico, eseguita tramite l'utilizzo dell'analizzatore elementare "vario MACRO", è stato utilizzato il "metodo della muffola" (Conchieri and Stellin 2013). Questa metodologia prevede il frazionamento del campione (suolo) da analizzare in due aliquote. La prima aliquota di 200 µg viene pesata in capsule di stagno (tin foil), addizionata con 100 µg di triossido di tungsteno (reagente ossidante) e sottoposta ad analisi elementare per la determinazione del C totale, N totale e S totale.

La seconda aliquota di 100 µg, addizionata con 50 µg di triossido di tungsteno (reagente ossidante), viene pesata in capsule d'argento (silver foil), che verranno poste in muffola per 2 ore ad una temperatura di 550 °C. L'impiego dei "silver foil" è richiesto dalla temperatura raggiunta all'interno della muffola (l'Ag resiste fino a 960 °C mentre lo Sn fonde intorno ai 230 °C). Con questo passaggio si ottiene l'allontanamento della frazione organica del carbonio senza intaccare i carbonati.

Dopo il passaggio in muffola le capsule vengono caricate sull'analizzatore per una nuova determinazione: il dato del carbonio ottenuto mediante analisi elementare si riferisce questa volta alla sola frazione inorganica. Il valore che deriva dalla differenza tra la prima analisi (carbonio totale, organico e inorganico) e la seconda (solo carbonio inorganico) rappresenta il carbonio organico totale (TOC).

3.7 Analisi Statistica

I dati sono presentati come medie \pm errori standard. I dati raccolti sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) tramite software IBM© SPSS© Statistics (Version 19) dopo aver verificato l'omoschedasticità delle classi a confronto. Le medie sono state considerate significativamente differenti per $p < 0,05$. Nei confronti è stato eseguito un test

post-hoc di Duncan. Sono stati eseguiti test ANOVA multivariata per verificare l'interazione dei fattori trattamento, azienda ed anno.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati raccolti coinvolgono in varia misura 3 anni di analisi. Alcuni dati (Carbonio Organico ed Azoto Organico) coprono completamente gli anni 2011 e 2012 ma riguardano solo metà dei campioni per il 2013. I parametri relativi alle attività enzimatiche risultano completi per gli anni 2012 e 2013 ma assenti per l'anno 2011. Il carbonio e l'azoto della biomassa, infine, sono stati analizzati per l'anno 2012 e per metà dei campioni dell'anno 2013.

4.1 Carbonio ed azoto organico

I dati di carbonio organico dei suoli sottoposti ad analisi (figura 4.1) risultano in linea con i valori dei suoli del bacino del mediterraneo, caratterizzati da un basso tenore di carbonio organico (Pisante 2007), spesso al di sotto del 1%.

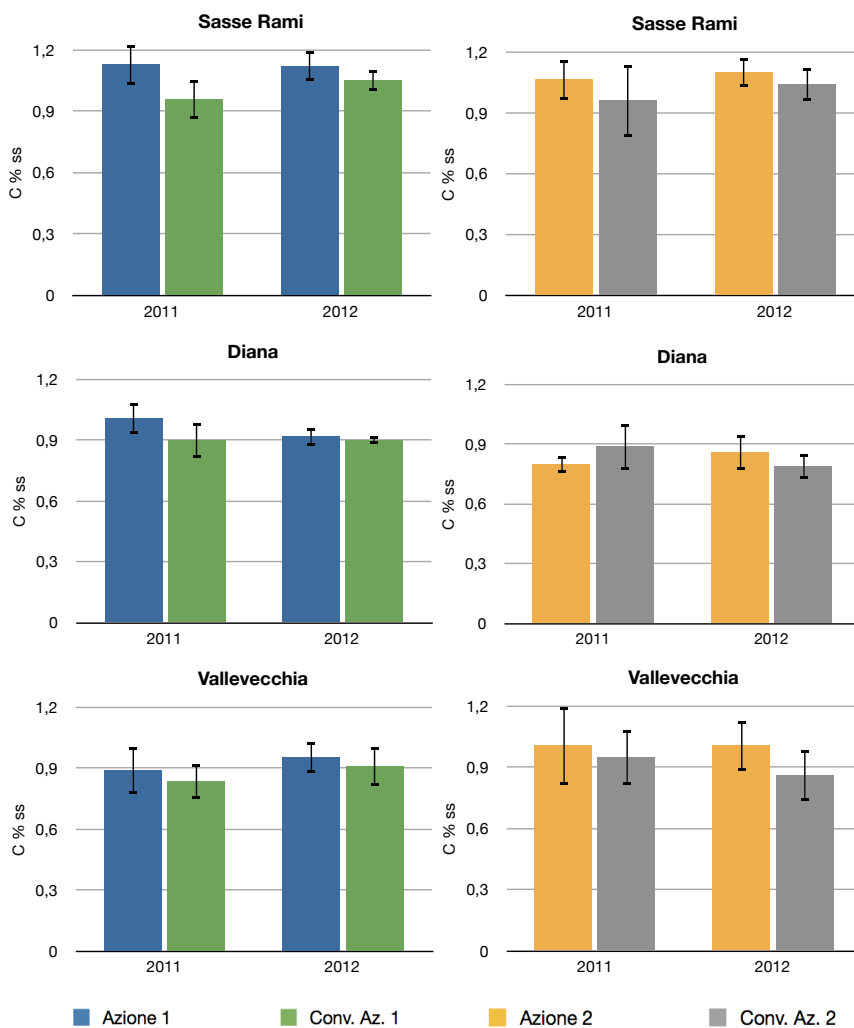


Figura 4.1 Media \pm errore standard del contenuto di carbonio organico dei suoli (% suolo secco) nelle tre aziende oggetto di studio.

I dati relativi alle tre aziende oggetto di studio risultavano significativamente diversi per il test ANOVA ($p=0.006$) quindi i valori relativi sono presentati separati per le tre località (figura 4.1). Pur non essendoci differenze statisticamente significative, la gestione conservativa con le tecniche dell'azione 1 e dell'azione 2 appare in grado di garantire contenuti medi di carbonio organico maggiori rispetto ai relativi convenzionali. In controtendenza i dati del 2011 dell'azienda Diana. Nei due anni presi in analisi il contenuto di carbonio organico non varia significativamente. Questo conferma che il processo di accumulo della sostanza organica richiede tempi medio-lunghi, certamente superiori ai due anni di prova sperimentale come già dimostrato da studi precedenti (De la horra et al., 2003; Jimenez et., 2002). Il contenuto di azoto organico negli stessi campioni è mostrato in figura 4.2.

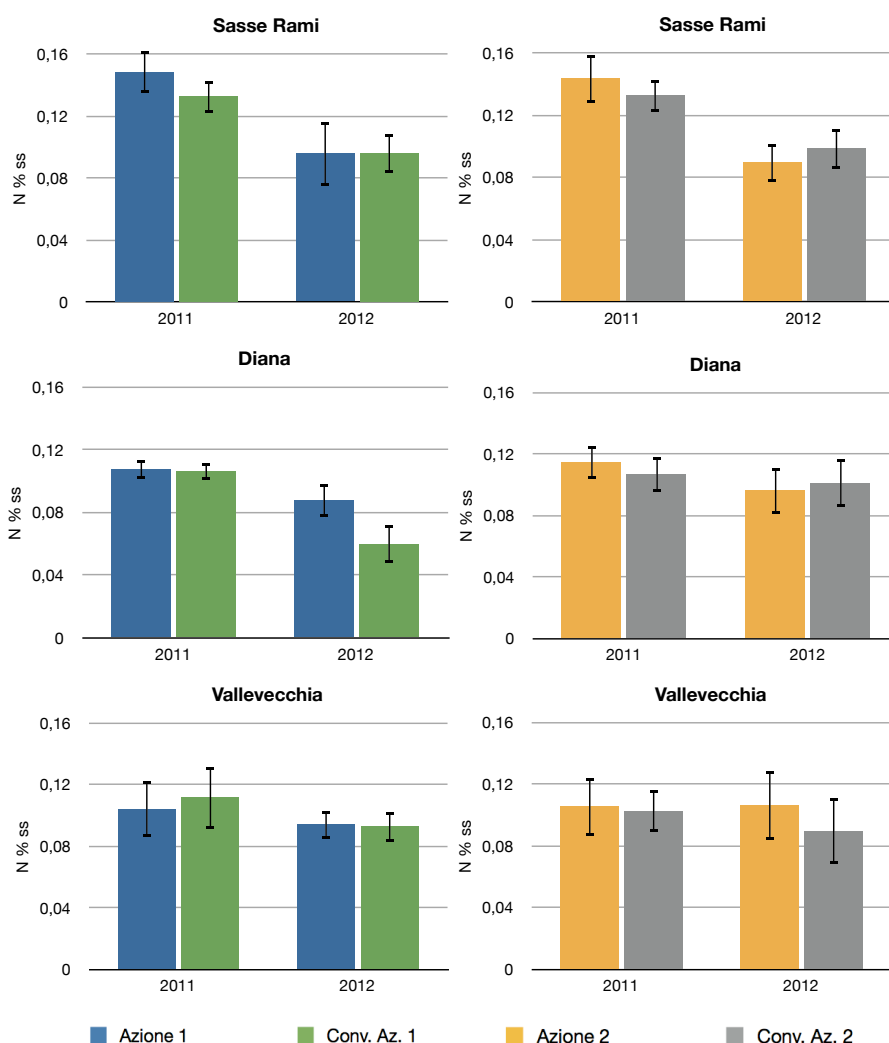


Figura 4.2 Media \pm errore standard del contenuto di azoto organico dei suoli (% suolo secco) nelle tre aziende oggetto di studio.

Anche il contenuto di azoto organico non mostra differenze significative a seguito della diversa gestione ad eccezione dei dati relativi all'azienda Diana raccolti nel 2012. Un calo

del contenuto di azoto si registra confrontando i campioni nei due anni indipendentemente dalla gestione. In uno studio precedente (Stopes et al., 2002) è stata evidenziata una perdita di azoto simile sia in suoli sottoposti ad agricoltura biologica che in terreni equivalenti gestiti in maniera convenzionale a parità di condizioni di coltivazione.

Per confrontare i valori dei primi due anni con quelli del 2013 sono stati presi in considerazione solo i campioni presenti nei dataset di tutti i tre anni, quindi metà dei dati di ogni anno. Dal confronto delle medie del carbonio organico (figura 4.3) si evince come non ci siano differenze sostanziali dei livelli di carbonio nei tre anni. Risulta invece significativa la differenza tra i suoli azione 1 ed il rispettivo convenzionale per l'anno 2013. Questo dato, se pur da confermare con le analisi relative ai suoli campionati a settembre 2013, sembra essere il risultato di un trend presente anche negli anni precedenti. I valori dei suoli gestiti secondo l'azione 2 e relativi controlli non mostrano un chiaro andamento nei tre anni.

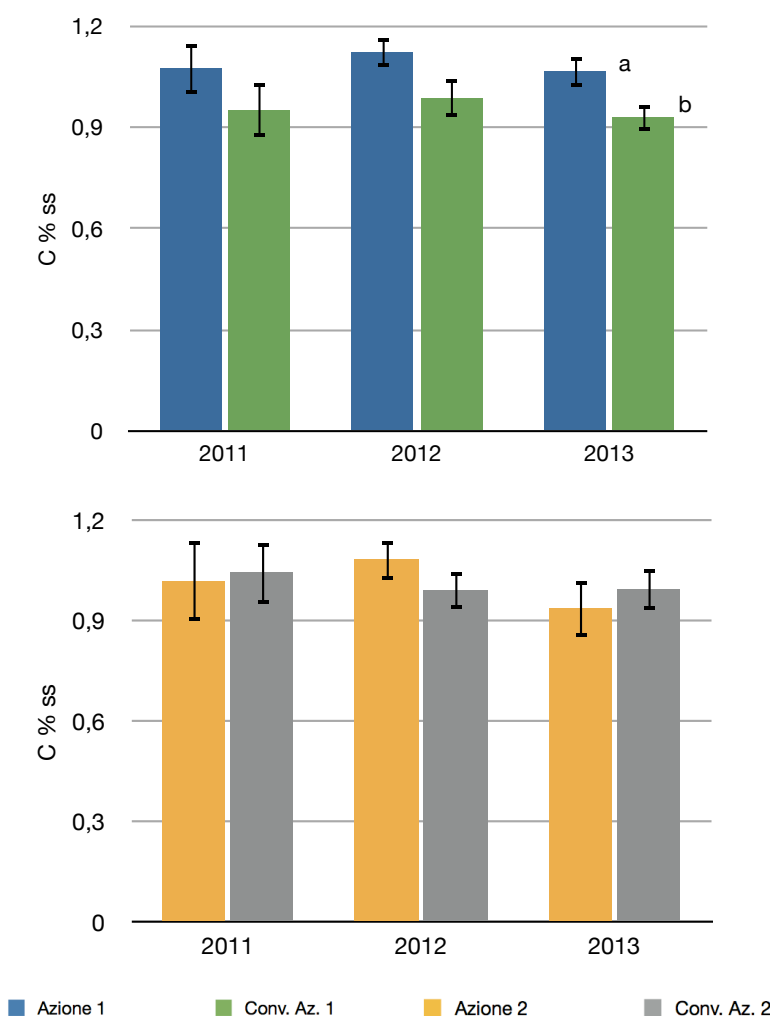


Figura 4.3 Media \pm errore standard del contenuto di carbonio organico dei suoli (% suolo secco).

Lettere diverse indicano differenze significative.

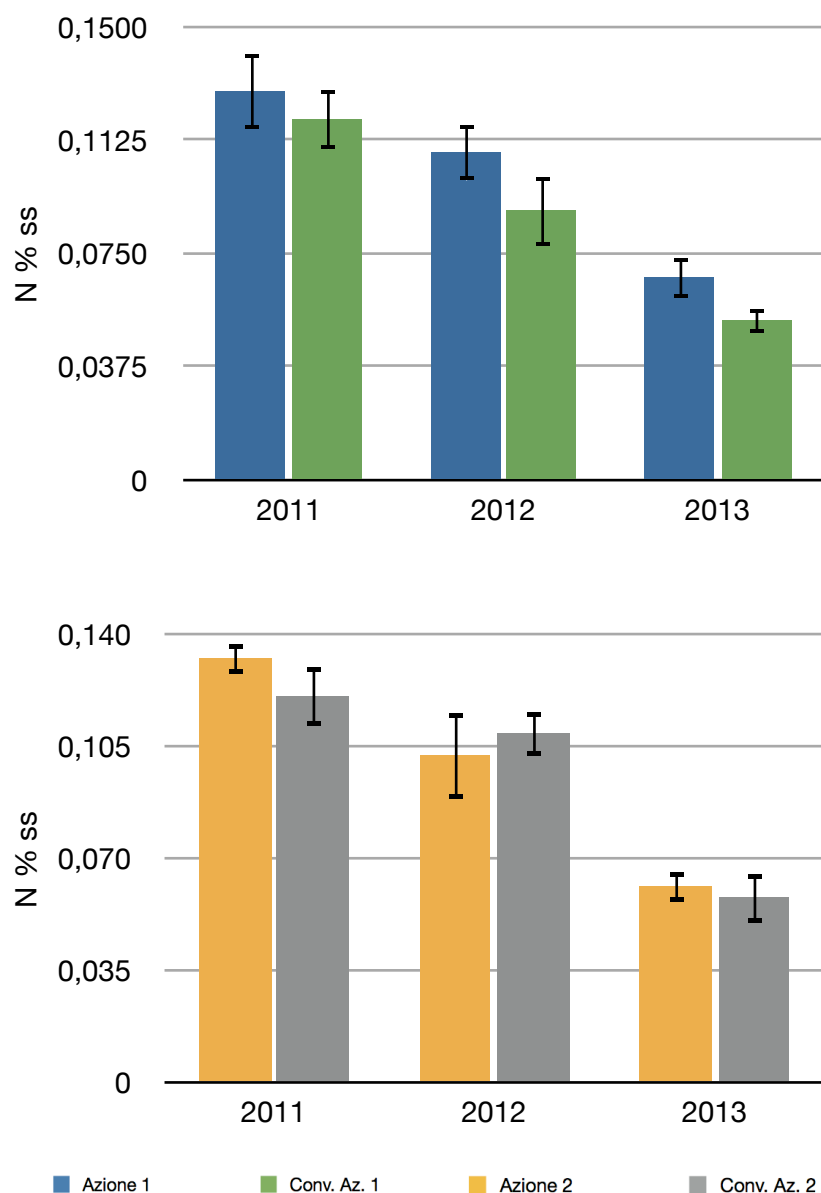


Figura 4.4 Media \pm errore standard del contenuto di azoto organico dei suoli (% suolo secco) nelle tre aziende oggetto di studio.

I valori di azoto organico nei tre anni di studio (figura 4.4) non evidenziano differenze significative legate alla gestione conservativa, sia essa l'azione 1 che l'azione 2, anche se le medie dati dei suoli gestiti secondo l'azione 1 erano sempre maggiori dei relativi convenzionali. Per tutti i suoli presi in esame si evidenzia un netto calo del contenuto di azoto nei tre anni che segue l'andamento di quello mostrato per gli anni 2011 -2012 (figura 4.2).

4.2 Attività enzimatiche

Le attività degli enzimi edafici può essere considerata un sensibile e precoce indicatore nella determinazione del grado di degradazione del suolo sia in habitat naturali sia negli agro-ecosistemi, e risulta inoltre adatta a misurare l'impatto dell'inquinamento sulla qualità del suolo (Trasar Cepeda *et al.*, 2000). Nella presente tesi le attività β -glucosidasica ed FDA idrolasica sono state valutate solo nei suoli sottoposti ad Azione 1 e rispettivi convenzionali per gli anni 2012 e 2013.

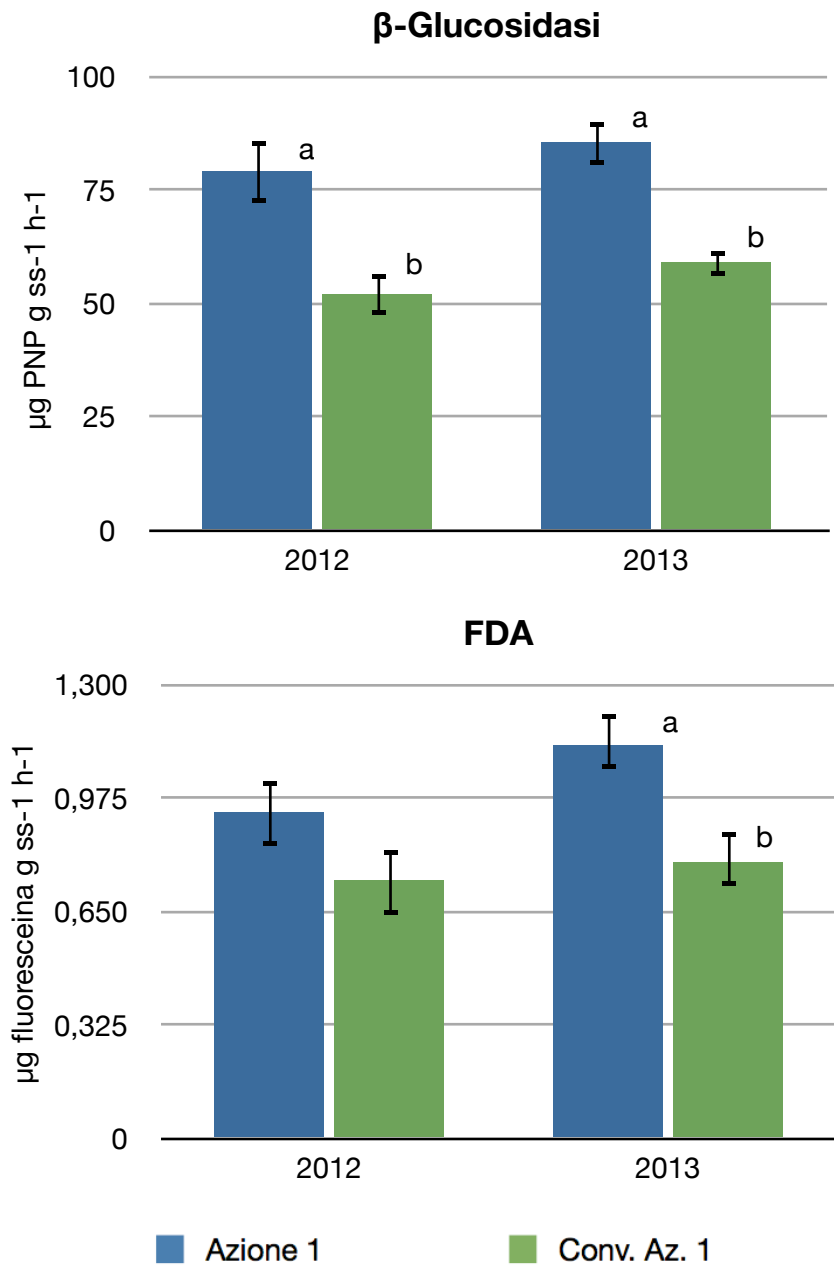


Figura 4.5 Media \pm errore standard del contenuto di PNP($\mu\text{g g ss-1 h-1}$) per β -Glucosidasi; contenuto di fluoresceina($\mu\text{g g ss-1 h-1}$) per FDA. (Lettere diverse indicano differenze significative).

La gestione conservativa influenza positivamente le attività enzimatiche che mostrano un trend positivo con differenze significative solo per la β -glucosidasi per il primo anno e per entrambe le attività per il secondo.

Poiché l'azienda risulta un parametro discriminante per le attività enzimatiche i dati sono stati analizzati separatamente nelle tre località.

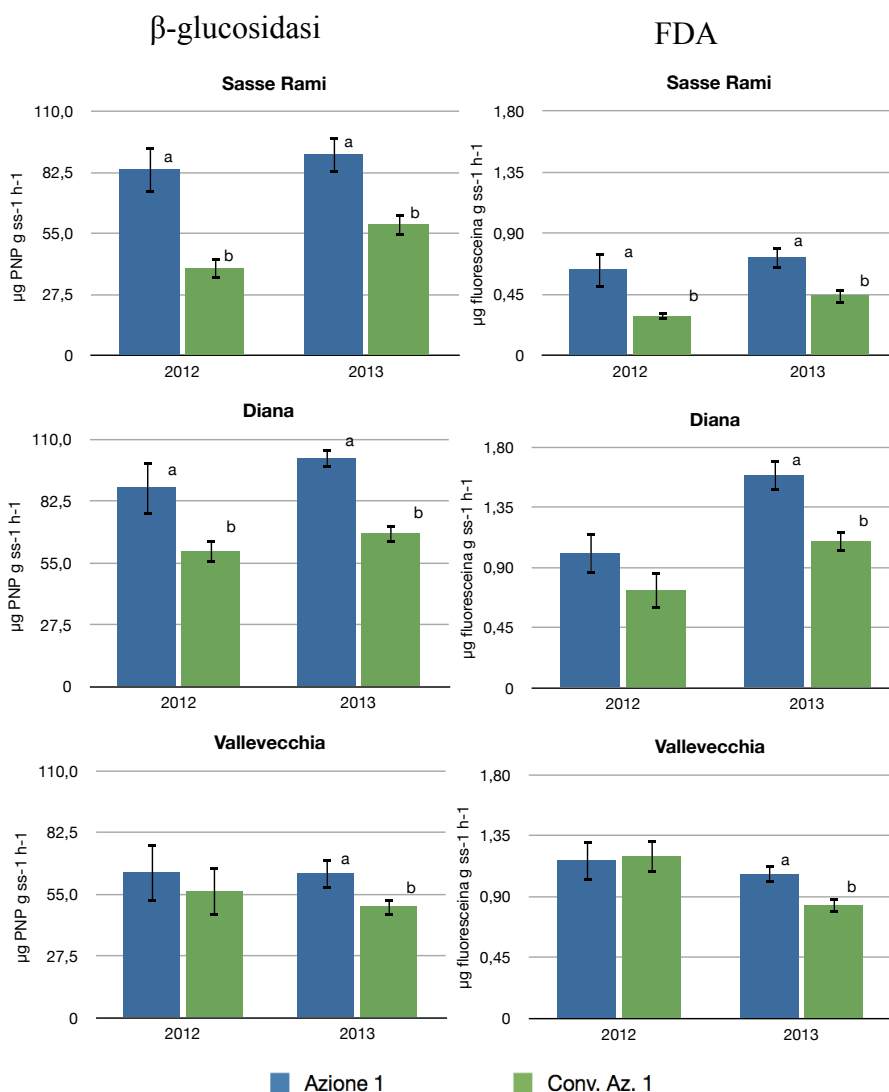


Figura 4.6 Media \pm errore standard del contenuto di PNP ($\mu\text{g g ss}^{-1} \text{ h}^{-1}$) per β -Glucosidasi; contenuto di fluoresceina ($\mu\text{g g ss}^{-1} \text{ h}^{-1}$) per FDA. Lettere diverse indicano differenze significative.

L'azienda Sasse Rami mostra differenze significative per entrambe le attività enzimatiche nei due anni (figura 4.6) mentre nell'azienda Diana il cambiamento di gestione non induce una differenza per l'attività FDA idrolasica nell'anno 2012. Infine, la gestione conservativa non modifica le medie delle attività enzimatiche nell'azienda Vallev ecchia nel primo anno di analisi, ma influenza i dati del secondo anno. Le aziende considerate sono caratterizzate da condizioni edafiche differenti, che influenzano la risposta dei parametri delle attività

enzimatiche alle due gestioni poiché il suolo risponde in maniera diversa alle pratiche gestionali a seconda delle sue caratteristiche intrinseche e dell'ambiente circostante (Andrews et al., 2006). Nel nostro caso di studio appare che i suoli dell'azienda Sasse Rami si trovino in una condizione pedoclimatica che permette una risposta in termini di fertilità biologica anche nel breve periodo, primo anno (2012) che viene confermata nel secondo (2013). I suoli dell'azienda Vallevicchia, invece, risultano rispondere in tempi più lunghi. Nei primi anni di cambio della gestione verso l'agricoltura conservativa è stato inoltre riportato un calo nella fertilità edafica (COMAGRI 2007-2009). Nei suoli delle aziende Diana e Vallevicchia malgrado non si sia registrato un aumento dei parametri studiati nel 2012, nell'anno 2013 i suoli sottoposti ad azione 1 mostravano valori maggiori dei rispettivi controlli, indicando un miglioramento delle condizioni biologiche dei suoli. Infine, i dati di attività enzimatiche sono spesso correlabili con i valori di carbonio organico del suolo (Jimenez et al., 2002). Nel nostro caso di studio l'andamento riscontrato nei contenuti di carbonio organico, con valori medi più elevati nelle tesi a gestione conservativa, appare in linea con i risultati delle attività enzimatiche.

4.3 Carbonio ed azoto della Biomassa microbica

Il carbonio della biomassa microbica è stato analizzato per il solo anno 2012 (figura 4.7). Come per le attività enzimatiche anche il carbonio della biomassa mostra come le differenti condizioni edafiche presenti nelle tre aziende influenzino le risposte al cambiamento di gestione agronomica (figura 4.7). Anche in questo caso, infatti, i terreni dell'azienda Sasse Rami sono i soli a mostrare una differenza significativa tra azione 1 e convenzionale. Questo potrebbe indicare che per le aziende Vallevicchia e Diana il turnover della biomassa microbica non è stato ancora influenzato in maniera significativa dal cambio di gestione. Il dato risulta in linea con la letteratura, tenendo presente che le attività enzimatiche (figura 4.6), anch'esse non significativamente diverse nell'anno 2012, sono generalmente correlate al contenuto di biomassa microbica (Gajda et al., 2013).

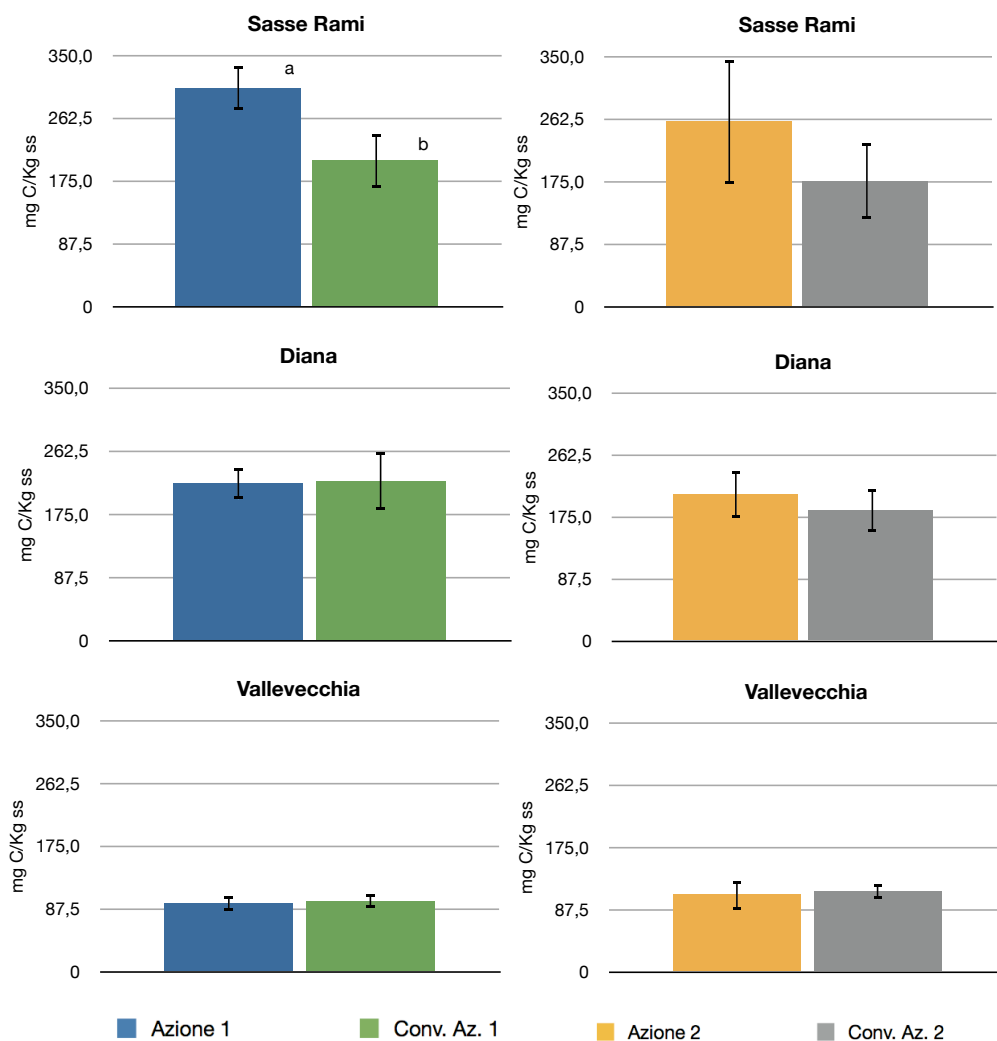


Figura 4.7 Media \pm errore standard del contenuto di carbonio della biomassa dei suoli (mg C/ kg suolo secco). Lettere diverse indicano differenze significative.

Il tempo di turnover dell'azoto immobilizzato nella biomassa microbica è circa dieci volte più rapido di quello che deriva dai tessuti vegetali (Smith and Paul, 1990). La determinazione dell'azoto microbico è quindi importante per la quantificazione delle dinamiche dell'azoto negli agro-ecosistemi poiché controlla la disponibilità e la perdita di azoto inorganico nel suolo (Moore et al., 2000). I suoli analizzati nella presente tesi non mostrano differenze significative in termini di contenuto di azoto microbico tra i suoli sottoposti alla diversa gestione agronomica (figura 4.8). Questo potrebbe indicare che come nel caso del carbonio della biomassa un solo anno dal cambio di gestione non è sufficiente a modificare in maniera sensibile il ciclo dell'azoto.

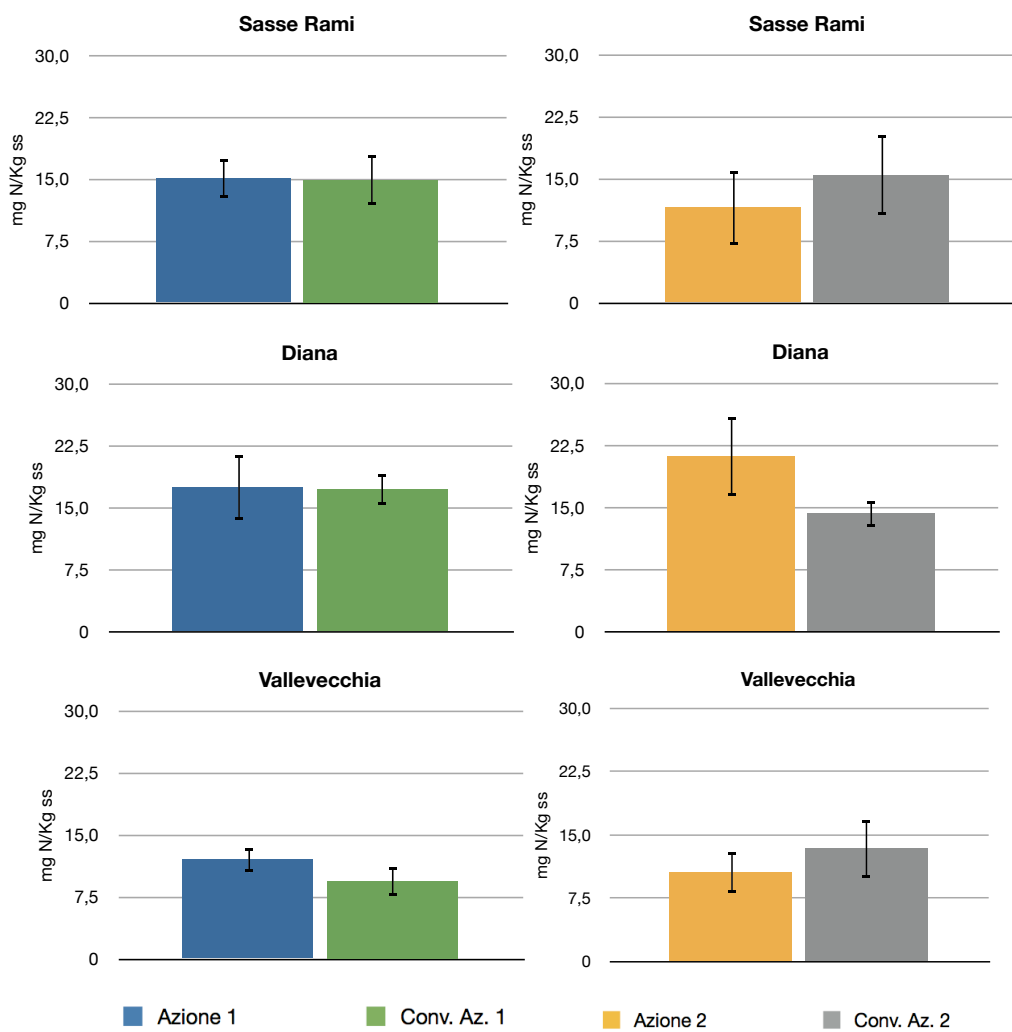


Figura 4.8 Media \pm errore standard del contenuto di azoto della biomassa dei suoli (mg N/Kg suolo secco). Lettere diverse indicano differenze significative.

5. CONCLUSIONI

Le tecniche di agricoltura blu, con la gestione conservativa dei terreni, hanno lo scopo di migliorare la fertilità edafica e la qualità dei suoli. Questo processo è noto richiedere numerosi anni prima di raggiungere un nuovo più favorevole equilibrio.

I dati raccolti nella presente tesi confermano i dati di letteratura e mostrano che i differenti parametri hanno tempi di risposta più o meno lunghi.

In particolare le attività enzimatiche risultano i parametri migliori per rilevare le modifiche del sistema. Il carbonio organico e quello della biomassa microbica appaiono tra loro correlati e meno sensibili al cambiamento di gestione. In generale si evidenzia un trend verso l'accumulo di sostanza organica nel suolo nei terreni a gestione conservativa.

Il protrarsi dello studio nei prossimi anni potrà da un lato confermare le differenze trovate in questo lavoro, dall'altro permetterà di formulare delle ipotesi riguardo ai meccanismi che regolano questa evoluzione

6. BIBLIOGRAFIA

- Adam G., Duncan H., (2001). Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of Soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 33, 943-951.
- Alef K., (1995) Estimation of the hydrolysis of fluorescein diacetate. In: *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*, Alef K. e Nannipieri P. (eds), 232-233. Academic Press, London.
- Anderson J.P.E. and Domsch K.H., (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 21, 471-479.
- Andrews S., Archuleta R., Briscoe T., Kome C. E., Kuykendall H., (2006). <http://soils.usda.gov/sqi/sqteam.html>.
- Arshad M.A., Schnitzer M., Angers D.A., Ripmeester J.A. (1990). Effects of till vs no-till on the quality of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 5, 595-599.
- Bandick A., Dick R., (1999). Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1471–1479.
- Basso F., Pisante M., Basso M. (2002). Soil erosion and land degradation. In Thornes J.B., Brandt C.J. and Geeson N.A. (eds.) *Mediterranean Desertification: A Mosaic of processes and response.*, 2, 25, 347-359.
- Bernoux M., Cerri C.C., Cerri C.E.P., Siqueira Neto M., Metay A., Perrin A.S., Scopel E., Milne E., (2006). Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review *Agronomy for Sustainable Development*, 26, 1, 1-8.
- Blackshaw R.E., Harker K.N., O'Donovan J.T., Beckie H.J., Smith E.G., (2007). Ongoing development of integrated weed management systems on the Canadian prairies. *Weed Science.*, 56, 1, 146-150.
- Brooks P.C., Cayuela M.L., Contin M., Nobili De M., Kemmitt S.J., and Mondini C., (2008). The mineralization of fresh and humified soil organic matter by soil microbial biomass. *Waste Management.*, 28, 716-722.
- Buyanovsky G.A. e Wagner G.H., 1998. Changing role of cultivated land in the global carbon cycle. *Biology Fertility of Soils*, 27, 242-245.
- Burns R.G., (1978) *Soil enzymes*. Academic Press, New York Caldwell BA, Griffiths RP, Sollins P (1999) Soil enzyme response to vegetation disturbance in two lowland Costa Rican soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1603–1608.

- Calderon J.F., Jackson L.E., Scow K.M., Rolston D.E., (2000). Microbial responses to simulated tillage in cultivated and uncultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1547– 59.
- Carter M.R., Gregorich E.G., Angers D.A., Beare M.H., Sparling G.P., Wardle D.A., and Voroney R.P., (1999). Interpretation of microbial biomass measurement for soil quality assessment in humid temperate regions. *Can. J. Soil Science.*, 79, 4-16.
- Carter M.R., Gregorich E.G., Anderson D.W., Doran J.W., Janzen H.H., Pierce F.J., (1997). Chapter 1 Concepts of soil quality and their significance *Developments in Soil Science*, Volume 25, 1–19.
- Colombo C., Palumbo G., Sannino F., Gianfreda L., (2002). Chemical and biochemical indicators of managed agricultural soils. 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, 1740, 1–9.
- COMAGRI (Commissione Europea Agricoltura e Sviluppo Rurale), (2007-2009). Sustainable agriculture and soil conservation.
- Cosentino S.L., Mantineo M., Copani V., Guardanaccia P., (2007). Sod seeding and mulching to control soil erosion in Mediterranean environment. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, Proceedings of IX ESA Congress, 519-520.
- CTIC/FAO, (2008). Mitigating climate change: conservation agriculture stores soil carbon. Recommendations of the conservation agriculture carbon offset consultation.
- De Clerck F., Singer M.J., Lindert P., (2003). A 60-year history of California soil quality using paired samples . *Geoderma*, 114 (3-4), 215-230.
- De la Horra A.M., Conti M.E., Palma R.M., (2003). Beta-Glucosidase and protease activities as affected by long-term management practices in a tyoic argiudoll soil. *Commun Soil Sci Plant Anal.*, 34, 17-18.
- Derpsch R., Roth C. H., Sidiras N., Kopke U., (1991). Control da erosao no Paranà, Brasil: sistema s de cobertura do solo, plantio direto e prepare conservacionista do solo. Eschborn, Germany: GTZ.
- Dick R.P., (1997). Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR, editors. *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, USA7 CAB International, 121–56.
- Dick W.A., Tabatabai M.A., (1993). Significance and potential uses of soil enzymes. In: Metting F.B., editor. *Soil Microbial Ecology: Application in Agricultural and Environmental Management.*,95–125.

- Direttiva 91/676/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa alla protezione delle acque dell'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. Gazzetta ufficiale n. L 375 del 31/12/1991 ,1–8
- Doran J. W., (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal* 44, 764–771.
- Doran J.W., (1987). Microbial biomass and mineralizable nitrogen distribution in no-tilled and plowed soils. *Biology Fertility of Soils*, 5, 68-75.
- Doran J.W., Parkin T.B., (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran J.W., editor. *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. SSSA Special Publication. Madison, WI7 Soil Science Society of America, Inc. and American Society of Agronomy, Inc., 3 – 23.
- Doran J.W., Elliott E.T., and Paustian K., (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil Tillage and Research*, 49, 3-18.
- Doran J.W., Zeiss M.R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15 (1), 3–11
- Drijber R.A., Doran J.W., Parkhurst A.M., Lyon D.J. (2000). Changes in soil microbial community structure with tillage under long-term wheat–fallow management. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1419– 30.
- EEA, (1998). Soil degradation, 11, 231-246; 2, climate change, 37-59 *Europe's environment: the second assessment*, Elsevier Science Ltd., 293.
- EEA, (2005). *European environment Agency State and Outlook 2005*. Luxembourg, Office for Official publications of European Communities.
- Edwards J. H., Wood C. W., Thurlow D. L., Ruf, M. E., (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* 56, 1577–1582.
- Edwards C.A., 2002. Assessing the effects of environmental pollutants on soil organisms, communities, processes and ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 225–231.
- Esen A., (1993). b-Glucosidases: overview. *American Chemical Society*, 533, 1-14.
- FAO, (2001). *Conservation agriculture: case studies in Latin America and Africa*. Soil Bulletin No. 78. Rome: FAO.

- FAO, (2008). Proceedings of the international Technical Workshop on investing in sustainable crop intensification: the case of improving soil health, 22-24 July. Integrated Crop Management, 6. FAO, Rome. www.fao.org/ag/ca/.
- Florenzano G., (1983). Fondamenti di microbiologia del terreno, REDA, Roma.
- Frac M., Oszust K., Lipiec J., (2012). Community level physiological profiles (CLPP), characterization and microbial activity of soil amended with dairy sewage sludge. *Sensors*, 12, 3253-3268.
- Franzluebbers A.J., (1999). Introduction to Symposium - Microbial Biomass: Measurement and role in soil quality. *Can. J. Soil Science*, 79, 505-506.
- Franzluebbers A.J., Stuedemann J.A., Schomberg H.H., and Wilkinson S.R., (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(4), 469-478.
- Friedel J. K., Munch J. C., Fischer W. R., (1996). "Soil microbial properties and the assessment of available soil organic matter in a haplic luvisol after several years of different cultivation and crop rotation". *Soil Biology and Biochemistry* 28, 479–488.
- Gajda A.M., Doran J.W., Kettler T.A., Wienhold B.J., Pikul J.L. Jr., and Cambardella C.A., (2001). Soil quality evaluations of alternative conventional management systems in the great plains. In: *Assessment Methods for Soil Carbon* (Eds R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett, B.A. Stewart). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Gajda A.M. e Martyniuk S., (2005). Microbial biomass C and N and activity of enzymes in soil under winter wheat grown in different crop management systems. *Polish J. Environ. Studies*, 14, 159-163.
- Gajda A.M., Przewloka B., Gawryjolek K., (2013). Changes in soil quality associated with tillage system applied. *Int. Agrophys*, 27, 2.
- Gan Y., Harker K.N., McConkey B., Suleimanov M., (2008). Moving towards no-till practices in northern Eurasia. In: T. Goddard M.A., Zoebisch Y.T., Gan W.Ellis, A. Watson, Sombatpanit S. (eds.). *No till Farming systems.*, 3, 169-175. Bangkok: World association of Soil and water conservation (WASWC).
- García-Torres L., Benites J., Martínez-Vilela A., Holgado-Cabrera A., (2003). Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-Economy, Policy, 516.

- Gianfreda L., Bollag J.M., (1996). Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In: Stotzky G, Bollag J.M., editors. *Soil Biochemistry*, 9, 123–94
- Gebhart D.L., Johnson H.B., Mayeux H.S., Polley H.W., (1994). The CRP increases soil organic carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49, 5, 488-492.
- Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiros M. C., Seoane S., (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 877–887.
- Green V.S., Stott D.E., Cruz J.C., Curi N., (2007). Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.*, 92, 114-121.
- Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D.A., Monreal C., Ellert B.H., (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can J Soil Science* 74:367–385.
- Hobbs P.R., Sayre K., Gupta R., (2008). The Role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royale Society B363*, 543-555.
- Houghton R. A., Hoggie J. E., Melillo J. M., Moore B., Peterson J. B., Shaver G. R., Woodwell G. M., (1983). “Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO₂ to the atmosphere”. *Ecological Monographs* 53, 235–262.
- Houghton, (2003). Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? *Global Change Biol.*, 9, 500-509.
- IPCC- (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), (2001). Third Assessment report: Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge university Press.
- Jenkinson D.S., (1988). Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: *Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems* (Ed. J.R. Wilson). CAB Press, Wallingford, England.
- Jenny, 1961 Equazione di Hans Jenny per la formazione del suolo: $S = f(c,l,o,r,p,t)$.
- Jimenez M.D., de la Horra A.M., Pruzzo L., Palma R.M., (2002). Soil quality: a new index based on micorbiological and biochemical parameters. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 4, 302-306.

- Joergensen R.G., Brookes P.C., (1990) Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄ soil extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 1023-1027, 1990.
- Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E., (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation: (A guest editorial) *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1, 4-10.
- Kay B.D. e VandenBygaart A.J., (2002). Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research*, 66, 2, 107-118.
- Kassam A., Friedrich T., Shaxson F., Pretty J., (2009). The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of agricultural sustainability.*, 7, 4, 292-320.
- Kirchener M. J., Wollum II A. G., King L. D., (1993). Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1289-1295.
- Ladd J. N., (1978). Origin and range of enzymes in soil. In: Burns, R.G. (ed.), "Soil Enzymes". Academic Press., 51-96.
- Laflen J.M. e Roose E.J., (1998) methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion, in : Lal R., Blum W.H., Valentin C., Stewart B.A. (Eds.), *Methods for assessment of soil degradation*, *Advances in Soil Science*, CRC Press, Boca Raton, 31-55.
- Lal R. e Kimble J. M., (1997). Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49, 243–253.
- Lal (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating green house effect by CO₂-enrichment, *Soil and Tillage Research*, 43, 81-107.
- Larson W.E. Pierce F.J., (1991). Developing criteria to evaluate sustainable land management. In: Kimble JM, editor. *Proceeding of the VIII International Soil Management Workshop Utilization of soil survey information for sustainable land use Sacramento, CA.*, 7 –14.
- Lindstrom M.J., Schumacher T.E., Cogo N.P., Blecha M.L., (1998). Tillage effects on water runoff and soil erosion after sod. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53, 59-63.
- Macías F., Camps Arbestain M., (2010). Soil carbon sequestration in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15, 511-529.

- Madejón E., Murillo J.M., Moreno F., Lúpez M.V., Arrue J.L., Alvaro-Fuentes J., and Cantero C., (2009). Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. *Soil Tillage Research*, 105, 55-62.
- Mariki e Owenya, (2007). Weed management in Conservation Agriculture for sustainable crop production. Proceeding of the international workshop on conservation agriculture for sustainable land management to improve the livelihood of people in dry areas, ACSAD, Damascus, Syria, 49-56.
- Marinari S., Mancinelli R., Campiglia E., and Grego S., (2006). Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Italy. *Ecological Indicators*, 6, 701-711.
- Martens, (1995). Current methods for measuring microbial biomass C in soil: Potentials and limitations. *Biology and Fertility of Soils*, 19, 2-3, 87-99.
- Mazvimavi K., Twomlow S., (2008). Conservation farming for agricultural relief and development in Zimbabwe. In: T. Goddard, M.A. Zoebisch, y.T. Gan W.Ellis, A. Watson and S. Sombatpanit (eds.), *No till Farming systems.*, 3, 169-175. Bangkok: World associaton of Soil and water conservation (WASWC).
- McCarty G.W., e Meisinger J.J., (1997). Effects of N fertilizer treatments on biologically activeNpools in soils under plow and no tillage. *Biology and Fertility of Soils*, 24, 406-412.
- McCarty G.W., Meisinger J.J., and Jennisikens J.M.M., (1995). Relationship between total-N, biomass-N, and active-N in soil under different tillage and fertilizer treatments. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 1245-1250.
- Melero S., Lúpez-Garrido R., Madejün E., Murillo J.M., Vanderlinden K., Ordúñez R., Moreno F., (2010). Carbon fractions and enzymatic activities in two cultivated dryland soils under conservation tillage. *Proc. 19th Congr. Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia.
- Moore J.M., Klose S., Tabatabai M.A., (2000). Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 200-210.
- Nannipieri P., (1993). *Ciclo della sostanza organica nel suolo*. Patron editore, Bologna.
- Nannipieri P., Kandeler E, Ruggiero P., (2002). Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Burns R.P., Dick R.P., editors. *Enzymes in the Environment Activity, Ecology and Applications.*, 1 –33.

- Nelson R.G., Hellwinckel C.M., Brandt C.C., West T.O., Urgate de la T., Marland G., (2009). Energy uses and carbon dioxide emissions from crop land production in the United States, 1990-2004. *Journal of environmental quality* 38, 418-425.
- Parkin T.B., Kaspar T.C. (2006) Nitrous oxide emissions from corn-soybean systems in the mid-west. *Journal of environmental quality* 35(4), 1496-1506.
- Paul E. A., Ladd J. N., 1981. "Soil biochemistry, vol 5". Dekker.
- Pisante M., (2001a). Tecniche agronomiche conservative per la riduzione dei processi di degradazione del suolo. Atti convegno nazionale "Desertificazione: la nuova emergenza del bacino del Mediterraneo", Catania-Caltagirone-Palermo, 3-9.
- PISANTE M., (2001b). L'Agricoltura Conservativa per la Sicurezza Alimentare. Atti Convegno Nazionale "BIOTECNOLOGIE AGRARIE ED ALIMENTARI", Giulianova Lido (TE)., 56-62.
- Pisante M., (2007) Agricoltura blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile. Edagricole. Pagine: 352.
- Pisante M. (2013) AGRICOLTURA SOSTENIBILE. Principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttiva per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica I edizione, Maggio 2013. pag. 340.
- Post W. M. e Mann L. K., (1990). Changes in soil organic carbon and nitrogen as a result of cultivation. In: Bouwman, A. E.,(ed.) "Soils and the greenhouse effect". John Wiley & Sons.
- Powlson D. S., (1994). The soil microbial biomass: before, beyond and back. In: Ritz, K., Dighton, J., Giller, G. E. (eds.), *Beyond The Biomass*. John Wiley & Sons, 3–20.
- Pretty J., (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical transaction of the royal Society of London B363*, 1491, 447-466.
- Puglisi E., Del Re A.A.M., Rao M.A., Gianfreda L., (2006). Development and validation of numerical indexes integrating enzyme activities of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1673-1681.
- Pupin B., Silva F., Nahas E., (2009). Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 1207-1213.
- Reeves D.W., (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Res.* 43, 131–67.
- Regione Veneto: ALLEGATO C Dgr. n. 2470 del 29/12/2011 pag. 112/220
In:(<http://www.regione.veneto.it/web/guest>).

- Regolamento (CEE) n. 2078/92 del Consiglio, del 30 giugno 1992, relativo a metodi di produzione agricola compatibili con le esigenze di protezione dell'ambiente e con la cura dello spazio naturale. Gazzetta ufficiale n. L 215 del 30/07/1992, 85-90.
- Reicosky D.C., (2008). Carbon sequestration and environmental benefits from no-till systems. In: T. Goddard M.A., Zoebisch Y.T., Gan W.Ellis, A. Watson, Sombatpanit S. (eds.). No till Farming systems., 3, 169-175. Bangkok: World association of Soil and water conservation (WASWC).
- Rice C.W., Garcia F.O., Hampton C.O., and Owensby C.E., (1994). Soil microbial response in tall grass prairie to evaluate CO₂. *Plant and Soil*, 165, 67-74.
- Romero Diaz A., Barbera G.G., Lopez Bermudez F., (1995) Relaciones entre erosion del suelo, precipitation y cubierta vegetal en un mundo medio semiarido del sureste de la penisola iberica. *Lurralde*, 18, 229-243.
- Rusco E., Jones R.J., Bidoglio G., (2001). Organic matter in soil of europe: present status and future trends. EUR 20556 EN. JRC, Office for Official Publication of the European communities Luxembourg.
- Schnurer J. e Rosswall T., (1982). Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter". *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 1256-1261.
- Shaxson F., Kassam A.H. Friederich T., Boddey B., Adenkunle A. (2008) – Underpinning the benefits of conservation Agriculture: Sustaining the fundamental of soil health and function. Main document for the Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification: The Case of Soil Health. FAO, Rome.
- Six A.C. J., Christian Fellerr, Karolien Denef, Stephen M. Ogle, Joao Carlos de Moraes S., Alain Albrecht, (2002). Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils. Effects of no-tillage.
- Smith J.L., Paul E.A., (1990). The significance of soil microbial bio- mass estimations. In: Bollag J.M., Stotzky G (eds) *Soil biology and biochemistry*, 6, 357–396.
- Sparling G. P., West A. W., (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, 20, 337-343.
- Sparling G.P., Eiland F., (1983). A comparison of methods for measuring ATP and microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 15 (2), 227-229.
- Sparling G.P., (1992). Ratio of microbial biomass to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian J. Soil Res.*, 30, 195-207.

- Stagnari F., Ramazzotti S., Pisante M., (2009). Conservation agriculture: A different Approach for crop Production Trought Sustainable Soil and Water Management: A review. In: E. Lichtfouse (ed.) *Agronomy for sustainable Development Organic Farming, Pest Control and remediation of soil pollutants*, Sustainable Agriculture reviews 1, DOI 10.007/978-1-4020-9654-9, Springer Science + Business media B.V. 55-83.
- Stevenson F.J., (1982). *Humus Chemistry, genesis, composition and reactions*, John wiley & Sons, New York.
- Stewart B.A., (2007). Water conservation and water use efficiency in dry lands. Proceedings of international Workshop on Conservation Agriculture for Sustainable Land management to improve the Livelihood of people in Dry areas, ACSAD, Damascus, Syria, 57-66.
- Stopes C., Lord E.I., Philipps L., Woodward L., (2002). Nitrate leaching from organic farms and conventional farms following best practice. *Soil Use Management*, 18, 256-263.
- Stubberfield L. C. F., Shaw P. J. A., (1990). A comparison of tetrazolium reduction and FDA hydrolysis with other measurements of microbial activity. *Journal of Microbiological Methods*, 12, 151-162.
- Tebrugge F., (2001). Conservation agriculture, a worldwide challenge. First World Congress on conservation agriculture, 1, 303-316. Madrid, Spain.
- Trasar Cepeda C., Leiro's M.C., Seoane S., Gil-Sotres F., (2000). Limitation of soil enzymes as indicators of soil pollution. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1867–75.
- Triberti L., Nastri A., Giordani G., Comellini F., Toderi G., Baldoni G., (2006). Effects of agronomic practices on soil carbon sequestration. *Book of proceedings IX ESA Congress*,1, 431-432.
- Unger P.W., Stewart B.A., Parr J.F., Singh R.P., (1991). Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. *Soil and Tillage Research*, 20, 2-4, 219-240.
- Vance E. D., Brookes P. C., Jenkinson D. S., (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biology and Biochemistry* 19, 703-707.
- Van Beelen P.V., Doelman P. (1997). Significance and application of microbial toxicity tests in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediments. *Chemosphere*, 43, 455– 99.

- Van der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L., (2000). Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau, Joint Research Center of the European Commission. Bruxelles.
- Violante P., (2002). Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. Editore: Il Sole 24 Ore Edagricole Pagine: 337.
- Waksman S.A., (1936). Humus, 2nd. Ed., Bailliere, Tindall & Cox, London.
- West O.T., Post W.M., (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. Soil Science Society of America Journal 66, 1930-1946.
- Yakovchenko V.I., Sikora L.J., Kaufman D.D., (1996). A biologically based indicator of soil quality. Biology and Fertility of Soils 21:245–251.
- Zdruli P., Jones R. J. A., Montanarella L. (2004). Organic Matter in the soils of Southern Europe . European Soil Bureau Technica Report. EUR 21083 EN. Office for Official Pubblication of the European Communities, Luxembourg.

SITI CONSULTATI

<http://www.aigacos.it/home.cfm>

<http://www.fao.org/home/en/>

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Dott. Paolo Carletti, per avermi dato la possibilità di ampliare le mie competenze attraverso questo progetto di tesi, grazie di essere stato autoritario ed autorevole, gentile e disponibile. Grazie Paolo.

Ringrazio i miei genitori, i miei fratelli e sorelle, cognati, cognate, zii, zie e cugini per avermi sostenuto ciascuno a loro modo in questo lungo percorso.

Ringrazio mia Madre, per avermi sempre detto che “C’è più tempo che vita”

Ringrazio Elisa di essermi accanto, per avermi sempre incoraggiato davanti alle difficoltà e per aver scelto di condividere con me i momenti di fatica e di gioia e per il sentimento che ci unisce.

Ringrazio Valeria e Daniele, due coinquilini, due amici, due fratelli, la mia seconda casa e la mia seconda famiglia. Grazie per questi tre anni insieme.

Ringrazio Giovanni ed Elisa, compagni di laboratorio per avermi sopportato in questi mesi di tesi.

Ringrazio Carole, perché testimone della vera amicizia, che non sempre vedi o senti, ma dentro di te sei consapevole che una amica vera anche se lontana, ti pensa sempre, e su di lei potrai sempre contare.

Ringrazio Irene, per la profonda amicizia per il bene reciproco che ci lega!

Ringrazio Tido per il tuo interessamento verso il mio percorso di studi, per la tua amicizia.

Ringrazio Cinzia e Filippo, una grande amica, ed un fratello acquisito, per il vostro interessamento al mio percorso di studi, e per avermi spronato a fare sempre meglio.

Ringrazio Rubina, per il prezioso aiuto nella stesura di questa tesi.

Ringrazio Marco e Nicoletta, per la vostra amicizia, ospitalità, accoglienza, e per avermi permesso di assaporare la sana leggerezza del vivere, i giusti pensieri per affrontare le vicissitudini della vita.

Ringrazio Marika, per la tua amicizia. Per il tuo interessamento verso il mio percorso di studi, e per la grande stima reciproca che condividiamo.

Ringrazio Andry, per essersi interessato al mio percorso di studi e per essere il cugino introvabile e sempre senza credito!

Ringrazio Ventu e Ponzo per aver imparato dopo circa tre anni che la mia università non è a Pavia, nemmeno a Parma, ma a Padova.

Ringrazio Ale D. di essere così fuori dal comune e per la tua simpatia.

Ringrazio Pera, Mef, Dade, Manu, Mici, Matte, per i bei momenti passati in compagnia!

Ringrazio Don Paolo, per avermi spronato davanti alle difficoltà con il tuo “Nom aanti col gambu”!

Ringrazio la Stefi, per le merende a base di tè biologico, con biscotti superbiologici e naturali, e per avermi sempre detto “fai schifo” ogni volta che ti comunicavo il voto di un mio esame.

Ringrazio Marco p. per il tuo interessamento verso il mio percorso di studi, e per gli aperitivi della domenica pomeriggio!

Ringrazio il Meo, per il tuo interessamento verso il mio percorso di studi e per essere fuori come un balcone.

Ringrazio Lucia, (m. e p.) per i momenti di spensieratezza e per le grandi risate che ci siamo fatti insieme!

Ringrazio Filippo, Gianluca Stefano, Eros, Mattia, Alberto, Raffaele, Giacomo per i bei momenti passati insieme e per avermi sopportato durante le lezioni!