



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Territorio Sistemi AgroForestali

**SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA
TERRITORIO AMBIENTE RISORSE SALUTE**

**INDIRIZZO
TECNOLOGIE MECCANICHE DEI PROCESSI AGRICOLI E FORESTALI**

CICLO XXV°

**EFFETTI DELLE LAVORAZIONI DEL TERRENO SULLA
DEGRADAZIONE DEI RESIDUI CULTURALI E SULLE
CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DEL
SUOLO**

Direttore della Scuola : Ch.mo Prof. Mario Aristide Lenzi

Coordinatore d'indirizzo: Ch.mo Prof. Luigi Sartori

Supervisore :Ch.mo Prof. Luigi Sartori

Dottorando : Sebastiano Pavan

Abstract

The aim of the experimental activity was the analysis of wheat, corn and soya bean yields as affected by three techniques of soil tillage ;in the meanwhile, crop residues management and grains contamination by fungi.

The site test was located in Polesine, at Sasse-Rami farm (property of Veneto Agricoltura) in Ceregnano (Rovigo) on silt-clay textured fields.

The trials were carried out according to three tillage techniques commolnly used by farmers:

- 1) conventional tillage system with plowing depth 35 cm, with total mixing of crop residues and subsequent secondary tillage to prepare the seedbed
- 2) minimum tillage, by decompaction of soil without layer inversion and with partial mixing of crop residues with the soil
- 3) direct seeding with deposition of seed without any tillage and with total conservation of crop residues on the soil surface.

The evaluation of the three techniques was performed by monitoring soil conditions and their evolution over time, using the cone penetration test, which allows to estimate soil compaction from which root asphyxia or vernal pool may arise. It was also monitored the evolution of organic matter and its humus fractions, in order to identify possible variations, and to collect yield data related to the different crops over the years test.

Crop residues management was monitored by collecting samples in the plots and taking photos to assess the surface covered by the residues, in order to find the correlation with the residues mass; samplings were performed on subplots treated with *Pseudomonas putida* based products to increase the degradation of crop residues ; degradation process of crop residues was monitored by tensile testing and determination of organic carbon, and nitrogen.

Riassunto

L'attività di ricerca ha avuto come oggetto l'influenza di tre tecniche di lavorazione del terreno sulla produttività delle colture di frumento, mais e soia, sulla gestione dei residui colturali e alcune caratteristiche chimico-fisico e biologiche del suolo.

La prova si è svolta nel Polesine presso l'azienda pilota e dimostrativa Sasse-Rami di Veneto Agricoltura a Ceregnano (Rovigo) su appezzamenti con sistemazione idraulico agraria "larga alla ferrarese", su terreni di origine alluvionale con tessitura limoso-argilloso e matrice calcarea.

Le tre tecniche di lavorazione comparate identificano tre modalità operative adottate dagli agricoltori e si identificano nella lavorazione tradizionale con aratura alla profondità di 35 cm con interrimento totale del residuo colturale e successivo intervento per l'affinamento superficiale allo scopo di preparare un ottimale letto di semina.

La seconda tipologia identificata e denominata minima lavorazione consiste nella decompattazione del suolo senza inversione degli strati mantenendo in superficie i residui colturali parzialmente mescolati al terreno, il quale sarà successivamente affinato per la preparazione del letto di semina.

La terza tipologia è la semina diretta con deposizione del seme senza alcun intervento di lavorazione del suolo e la totale conservazione dei residui colturali in superficie.

Le tre tecniche impiegate identificano le modalità operative attuate nelle varie parti del mondo e identificate in zone geografiche ben precise con l'applicazione nell'areale italiano della tecnica dell'aratura ad elevata profondità senza conservazione del residuo colturale in superficie, la tecnica della minima lavorazione collocabile geograficamente nei paesi europei a nord delle Alpi ove risulta essere ampiamente diffusa e applicata, ed in fine la semina diretta ideata nel sud America e diffusa anche nel nord America e Australia ove si prevede la semina delle colture senza alcuna lavorazione del terreno.

La valutazione delle tre tecniche è stata eseguita grazie al monitoraggio delle condizioni del suolo e dell'evoluzione che ha subito nel corso del tempo con uso dell'indice di cono di resistenza alla penetrazione il quale permette di misurare indirettamente la compattazione da cui può derivare dell'asfissia radicale o ristagni idrici. Inoltre è stato monitorato l'evoluzione della sostanza organica e delle frazioni umiche che la compongono allo scopo di identificare possibili variazioni influenzate dalle diverse tecniche. Le caratteristiche biologiche sono state valutate attraverso l'analisi dell'attività microbiologica

biodegradatrice e la caratterizzazione delle comunità di batteri e funghi attraverso l'analisi genomica.

.

Sommario

Università degli Studi di Padova.....	1
Abstract	3
Riassunto	4
1. Introduzione	8
1.1 Agricoltura Conservativa	10
1.1.1 Effetti delle lavorazioni conservative sull'ambiente	25
1.1.1.1 Effetti sul suolo	25
1.1.1.2 Effetti sulle caratteristiche fisiche del terreno	26
1.1.1.3 Effetti sulla sostanza organica del terreno	29
1.1.1.4 Effetti sul contenuto idrico del terreno	31
1.1.1.5 Effetti sull'erosione	33
1.1.1.6 Effetti sulla liberazione di CO₂	36
1.1.1.7 Effetti sull'azoto presente nel terreno	38
1.1.2 Lavorazione tradizionale	41
1.1.3 Minima lavorazione	44
1.1.4 Semina diretta	45
1.2 Gestione del residuo colturale	47
1.3 Composti catalizzatori degradazione residui	50
2 MATERIALI E METODI	54
2.1 Sito di prova	54
2.2 Tecniche agronomiche adottate	57
2.3 Analisi chimica del suolo	59
2.4 Analisi fisica del suolo	65
2.5 Analisi modalità d'impiego dello Xurian	66
2.6 Analisi dei residui colturali	68
2.7 Analisi chimica residui	69
2.8 Analisi fertilità del suolo	69
2.9 Analisi microbiologica del suolo	75
2.9.1 Estrazione del DNA genomico	75
2.9.2 Esecuzione dell'analisi ARISA	75
2.10 Analisi agronomica colture	76
3 Risultati	78
3.1 Rese colturali	78

3.2	Condizioni fisiche del suolo	87
3.3	Condizioni chimiche dei terreni.....	91
3.4	Attività microbica biodegradatrice.....	93
3.5	Classificazione genomica dei microrganismi	109
4.	Conclusioni	121
5.	Bibliografia.....	124

1. Introduzione

L'attività di ricerca ha avuto come oggetto della sperimentazione l'analisi di tre tecniche di lavorazione del terreno sull'influenza della produttività delle colture di frumento, mais e soia, valutando anche la gestione dei residui colturali e la contaminazione delle granaglie da funghi.

La prova si è svolta nel Polesine presso l'azienda pilota e dimostrativa Sasse-Rami di Veneto Agricoltura a Ceregnano (Rovigo) su appezzamenti con sistemazione idraulico-agraria "larga alla ferrarese", su terreni di origine alluvionale con tessitura limoso-argilloso e matrice calcarea.

La sperimentazione si è svolta su appezzamenti gestiti con tecniche di agricoltura conservativa dal 2005 i quali secondo le informazioni a disposizione (INTA 1997, Aapresid 1998) stanno per raggiungere il loro stadio di equilibrio per la transizione dalla tecnica tradizionale a quest'ultima.

Il periodo di transizione per il raggiungimento di un equilibrio biodinamico ed agronomico è mediamente di 10-15 anni con consistente variabilità dovuta alle condizioni pedoclimatiche, alle scelte agronomiche e alle soluzioni meccaniche adottate con il fine di raggiungere l'obiettivo del miglioramento dello stato del suolo e una conservazione della fertilità.

Le tre tecniche di lavorazione comparate rappresentano le modalità operative adottate dagli agricoltori e si identificano nella lavorazione tradizionale con aratura alla profondità di 35 cm con interrimento totale del residuo colturale e successivo intervento per l'affinamento superficiale allo scopo di preparare un ottimale letto di semina.

La seconda tipologia identificata e denominata minima lavorazione consiste nella decompattazione del suolo senza inversione degli strati mantenendo in superficie i residui colturali parzialmente mescolati al terreno, il quale sarà successivamente affinato per la preparazione del letto di semina.

La terza tipologia è la semina diretta con deposizione del seme senza alcun intervento di lavorazione del suolo e la totale conservazione dei residui colturali in superficie.

Le tre tecniche impiegate identificano le modalità operative attuate nelle varie parti del mondo ed evolute in zone geografiche ben precise con l'applicazione nell'areale italiano della tecnica dell'aratura ad elevata profondità senza conservazione del residuo colturale in superficie, la tecnica della minima lavorazione collocabile geograficamente nei paesi europei a nord delle Alpi ove risulta essere ampiamente diffusa e applicata, ed in fine la

semina diretta ideata nel sud America e diffusa anche nel nord America e Australia ove si prevede la semina delle colture senza alcuna lavorazione del terreno.

La valutazione delle tre tecniche è stata eseguita grazie al monitoraggio delle condizioni del suolo e dell'evoluzione che ha subito nel corso del tempo con uso dell'indice di cono di resistenza alla penetrazione il quale permette di misurare indirettamente la compattazione da cui può derivare dell'asfissia radicale o ristagni idrici. Inoltre è stato monitorato l'evoluzione della sostanza organica e delle frazioni umiche che la compongono allo scopo di identificare possibili variazioni, e la raccolta dei dati di resa delle varie colture nel corso degli anni di prova.

Nella sperimentazione è stata attuata una rotazione colturale di mais, frumento e soia per garantire i principi dell'agronomia, rispecchiando a pieno il processi seguiti dalle aziende che operano nel territorio in cui è stata inserita la prova.

La gestione dei residui colturali è stata monitorata tramite prelievo di campioni in aree pre-determinate su cui sono state eseguite delle foto per la rilevazione della superficie coperta dai residui e la successiva correlazione con la massa dei residui; tali campionamenti sono stati eseguiti su subparcelle realizzate all'interno delle parcelle di prova ove sono stati eseguiti dei trattamenti con prodotti commerciali ritenuti in grado di accelerare la degradazione dei residui colturali a base di *Pseudomonas putida* spp., il cui processo è stato monitorato tramite prove di resistenza dinamometrica e determinazione del contenuto in Carbonio organico e totale, in Azoto e Zolfo tramite analizzatore elementare CNS.

Il controllo della contaminazione da funghi micogeni e sviluppo di tossine da loro prodotte è stato eseguito tramite prelievo di campioni di granella di grano tenero in fase di raccolta e successiva analisi tramite procedura ufficiale HPLC.

Il campionamento è stato eseguito nelle sub parcelle sottoposte a trattamento o meno con prodotti acceleranti la degradazione dei residui colturali al fine di verificare un contenimento dello sviluppo di tossine a seguito di una riduzione del substrato di supporto alla sopravvivenza dell'inoculo nel periodo invernale o di assenza della coltura.

L'attività di sperimentazione ha riguardato anche il costante monitoraggio dello stato fisico e chimico del suolo tramite analisi del grado di compattazione del terreno con indagine penetrometrica di resistenza alla penetrazione, rilevazione della densità volumetrica del suolo, e valutazione della fertilità per ogni singola tesi messa in atto.

La determinazione della fertilità ha permesso di applicare una nuova tecnica di monitoraggio la quale non considera direttamente il contenuto di elementi nutritivi presenti,

ma la loro diretta interazione con tutto il complesso suolo, e di conseguenza la valutazione della risposta delle colture in campo.

La tecnica applicata è di recente introduzione e validazione (Concheri, Squartini, Tiozzo) ma garantisce una elevata corrispondenza e fornisce informazioni sulla reale capacità d'uso dei nutrienti da parte delle piante e la loro interazione con il suolo; in particolar modo permette di interpretare la reazione del suolo alla gestione differenziata dei residui e come questi ultimi entrino o meno a far parte della fertilità del suolo.

1.1 Agricoltura Conservativa

Le lavorazioni del terreno applicate rientrano nella classificazione delle tecniche di agricoltura conservativa così come definita dal World Congress on Conservation Agriculture”, Madrid, 2001: *“L’Agricoltura Conservativa replica i processi naturali attraverso il mantenimento di una copertura permanente del suolo (cover crop e/o residui colturali).*

L’impianto delle colture avviene attraverso la semina diretta (o non lavorazione) o, in condizioni appropriate, la minima lavorazione senza l’inversione degli strati.

La razionale rotazione colturale crea le migliori condizioni ambientali per l’apparato radicale e contrasta l’insorgere di infezioni e malattie.

Influisce il meno possibile sulla naturale composizione del suolo, sulla sua struttura e sulla biodiversità, favorisce l’infiltrazione dell’acqua e la conservazione dell’umidità, contrastando l’erosione e contribuendo a migliorare la qualità delle acque.”

A seguito di tale definizione è possibile affermare che l'agricoltura conservativa è una tecnica agronomica volta a contenere, limitare e ove possibile annullare l'erosione del suolo sia essa di origine eolica o idrica, l'uso eccessivo dell'acqua e la sua mancata ritenzione, l'inquinamento delle acque sotterranee da lisciviazione di fertilizzanti e di molecole organiche ed inorganiche applicate alle colture.

Il raggiungimento di tali obiettivi è possibile adottando tecniche di copertura permanente del suolo raggiunta con la semina diretta o il subentro di una coltivazione produttiva con una coltura di copertura al fine di non lasciare mai scoperto il suolo, ma con particolare attenzione a non compromettere il regolare processo produttivo. A seguito di tale processo si osserva la limitazione degli effetti di trasporto delle particelle di suolo le quali trattenute dai residui colturali presenti in superficie o dalle radici delle colture di copertura non permettono alcuna alterazione degli orizzonti superficiali e della fertilità. Medesima azione

si verifica nel caso di erosione eolica, la cui azione del vento è osteggiata dalle pratiche attuate nell'agricoltura conservativa.

Il limitare l'impiego della minima lavorazione ai soli casi non idonei alla semina su sodo consente di adottare pratiche conservative in ogni ambiente di coltivazione ed esigenza colturale, pur mantenendo valido il principio che non deve avvenire l'inversione degli strati, allo scopo di mantenere in superficie i residui colturali anche se parzialmente miscelati al suolo, ma con il fine ultimo di arrivare ad una applicazione della semina diretta.

L'applicazione di tale tecnica ha richiesto la progettazione, lo sviluppo e la diffusione di nuove attrezzature agricole non presenti sul mercato italiano, ma importate dall'estero e successivamente modificate per adattarle alle esigenze dei suoli della pianura padana.

Le lavorazioni del suolo sono una tematica di rilevante importanza a livello mondiale soprattutto per la capacità intrinseca di contrastare i cambiamenti climatici, fattore quest'ultimo di notevole importanza a seguito degli eventi calamitosi e catastrofici che si verificano sempre più spesso.

Molteplici sono le esperienze che si trovano in letteratura con prove sperimentali svolte in diverse parti del mondo, alla ricerca di quantificare l'influenza sul clima e la possibilità di ulteriori sviluppi.

Nel panorama mondiale delle lavorazioni si possono distinguere nelle tre tipologie di intervento già parzialmente accennate ma elencabili come:

- lavorazioni tradizionali
- minima lavorazione
- semina diretta

La tecnica della lavorazione tradizionale del terreno assume questa definizione perché sin dai primi tempi in cui l'uomo è passato dal nomadismo alla vita sedentaria ha avuto necessità di coltivare il terreno per la produzione delle proprie derrate alimentari, e non avendo a quel tempo la possibilità di disporre di sostanze chimiche per il controllo delle erbe infestanti, l'unica modalità per permettere un buon esito della coltivazione consisteva nell'eliminare le malerbe e mantenere il suolo libero permettendo il solo sviluppo delle colture seminate.

Successivamente con lo sviluppo di sistemi di locomozione ausiliari rappresentati da buoi o cavalli si è potuto sviluppare attrezzature che agevolassero tale tipo di operazione e l'avvento della metallurgia ha permesso di costruire attrezzature efficienti e solide, in grado con una forza motrice adeguata applicata di dissodare e rendere coltivabili superfici maggiori e marginali nello stesso tempo.

La definizione tradizionale deriva proprio dal fatto che sono ormai migliaia di anni che si utilizza questa tecnica per le produzioni agricole e la sua applicabilità è stata diffusa in tutto il mondo dall'Europa alle Americhe, dall'Africa all'Australia con esiti soddisfacenti dal punto di vista produttivo, ma con qualche conseguenza non indolore dal punto di vista ambientale.

A seguito delle maggiori conoscenze ambientali che si sono diffuse nella comunità scientifica, più esperti e in più parti del mondo hanno cercato e messo a punto tecniche diverse da quella tradizionale in grado di permettere un maggior rispetto dell'ambiente e allo stesso tempo di garantire la regolare produzione di derrate agrarie.

La lavorazione tradizionale è costituita dall'aratura del terreno con aratro rivoltatore, il quale permette di interrare eventuale biomassa presente in superficie costituita per lo più da residui colturali o cover crops eseguite appositamente per un miglior controllo della fauna infestante e dell'erosione idrica ed eolica del suolo.



Figura 1: Aratura fuori solco con aratro a versoio intero e avanvomere per interrimento totale del residuo. Notare come sul terreno arato a sinistra della foto non è presente alcun residuo o infestante, mentre a destra è possibile notare la condizione di campo.

L'azione di rivoltamento eseguita dall'aratro comporta la deposizione nel fondo del solco, pari alla profondità di lavoro, degli strati superficiali di terreno che risultano essere i più aerati poiché sono in diretto contatto con l'aria e quindi comprendono al loro interno tutti i processi microbiologici aerobici, nel contempo viene interrata tutta la biomassa contenente carbonio organico che a seguito di processi di umificazione potrebbe essere trasformata in sostanza organica e quindi diventare fonte di captazione di elementi di fertilità e svolgere la funzione strutturale all'interno delle micelle colloidali del terreno, ed a seguito di tale azione meccanica il materiale interrato subirà dei processi anaerobici.

A seguito dell'aratura è necessario eseguire ulteriori interventi per affinare il terreno a tal punto da permettere la semina della coltura, comportando di conseguenza più interventi sul suolo con le problematiche e complicazioni che ne conseguono.

La lavorazione tradizionale è la tecnica maggiormente usata in Europa ove si pratica un'agricoltura intensiva su larga scala la quale comporta un elevato impiego di fattori produttivi per la realizzazione di rese altrettanto equiparabili e per soddisfare tali esigenze si necessita di porre le condizioni migliori per lo sviluppo vegetativo delle colture.



Figura 2: Aratura eseguita su terreni di origine alluvionale con tessitura fine che in fase di aratura originano molta zollosità.

Scopo fondamentale dell'aratura è l'eliminazione di qualsiasi azione di antagonismo nei confronti delle colture eseguite senza l'intervento di sostanze chimiche, e per mantenere tale condizione richiede interventi successivi di zappatura o sarchiatura per rimuovere eventuali plantule di malerbe che si sviluppavano.

La tecnica di lavorazione tradizionale risulta praticata sulla maggior parte dei terreni coltivati in Italia, dalla pianura padana alle colline degli Appennini e fino alle isole su terreni di origine alluvionale e con tessiture molto fini e valori di sostanza organica medi del 2%.

L'aratura tradizionale viene eseguita anche su terreni con tessitura sabbiosa e a volte anche in presenza di scheletro, con conseguenza di una maggior facilità di affinamento e maggiori possibilità di ottenere risultati ideali ai propri fini.

L'esecuzione di tale tecnica su terreni con tessitura molto fine e con dotazione di sostanza organica contenuta, comporta una considerevole formazione di zollosità la quale risulta di difficile affinamento con l'aggravio di costi e aumento degli impieghi energetici e la possibilità di ottenere la granulometria ricercata potrebbe essere al quanto difficile a causa di terreno non in tempera o altri fattori, ed un'accelerazione della velocità dei processi di mineralizzazione della sostanza organica.

L'accelerazione dei processi di mineralizzazione della sostanza organica comporta una depauperazione del suolo con conseguente intensificazione dell'erosione che risulta essere la maggior causa di perdita di suolo fertile il tutto dovuto al venir meno della funzione strutturale colloidale delle micelle di humus le quali hanno funzione igroscopica e permettono di mantenere un contenuto idrico del suolo maggiore e costante nel corso dell'anno.

Negli ultimi decenni si è assistito ad un notevole sviluppo delle tecniche costruttive degli aratri, motivate dalla necessità di ridurre i consumi di carburante per lo svolgimento di tale operazione presentando sul mercato diverse tipologie di prodotti con configurazioni particolari che permettono una estrema adattabilità alla più svariate situazioni operative e risultati operativi soddisfacenti; infatti si può disporre di versoi fenestrati in grado di garantire una maggior frantumazione di eventuali zolle che si possono creare con l'effetto di rivoltamento, versoi in materie plastiche come il teflon che garantiscono una elevata flessibilità del versoio e di conseguenza una buona adattabilità a suoli con scheletro o particolarmente tenaci, versoi a disco per operare in suoli a prevalente tessitura sabbiosa e quindi astrutturali che non permettono di operare con versoi tradizionali se non in presenza di elevati valori di sostanza organica che permette una buona strutturazione del

suolo, versoi da risaia studiati specificamente per operare con suoli allo stato plastico e a profondità limitate.



Figura 3: Aratro con versoi fenestrato. La capacità di frantumazione delle zolle è nettamente più elevata e l'energia d'applicazione è ridotta rispetto al tradizionale

Le operazioni di affinamento del terreno successive all'aratura hanno subito un leggero ridimensionamento come numero senza variare il risultato finale, infatti in precedenza si eseguivano anche due interventi invernali con estirpatore ad ancore, attualmente a seguito dell'accorpamento di erpici a dischi con estirpatore ad ancore elastiche ha permesso con un solo passaggio di ottenere un buon affinamento del terreno sfruttando sempre l'azione degli agenti atmosferici invernali.

La preparazione del letto di semina viene attuata con erpice a denti elastici o rotanti azionati dalla p.d.p , ed in zone ove l'aratura non origina zollosità eccessiva oppure si opera in un clima che non permette l'azione di agenti atmosferici invernali, tale operazione viene eseguita direttamente, con un resoconto finale complessivamente più vantaggioso sia dal punto di vista economico che ambientali grazie ad un parziale contenimento dei

consumi di carburante e di conseguenza delle emissioni di gas inquinanti, ed allo stesso tempo di manodopera per le operazioni.

Soluzioni alternative alle lavorazioni tradizionali sono state identificate con la denominazione di Agricoltura Conservativa che assume diverse variabili per adattarsi alle più svariate condizioni ambientali nelle diverse aree del globo.

La minima lavorazione è identificata come una tecnica che permette di porre a coltivazione le colture come nella tecnica tradizionale riducendo al contempo il numero e l'intensità delle lavorazioni eseguite.

Sin dai primi esempi di applicazione in campo della minima lavorazione si è potuto osservare la presentazione sul mercato da parte dei costruttori di coltivatori ad ancore in grado di eseguire una lavorazione minima ad una profondità massima di 30-40 cm con l'uso di ancore con forme variabili associate ad elementi a dischi per una primaria frantumazione delle zolle che si originano, e rulli per garantire una regolarità di lavorazione e ridurre le sollecitazioni a carico delle trattrici, mantenendo in superficie i residui colturali ed eliminando il rivoltamento degli strati.

Le attrezzature per la minima lavorazione hanno larghezze di lavoro superiori ai 2,5 metri e richiedono di operare con velocità superiori ai 5 km/h, in tal modo è possibile ottenere una buona capacità operativa oraria, eseguire un parziale affinamento del suolo e nel contempo miscelare un 30% dei residui con gli strati superficiali del terreno, di conseguenza si necessita di impiegare trattrici di potenza minima di 100 kW.



Figura 4: minima lavorazione senza inversione degli strati con permanenza in superficie del residuo parzialmente miscelato al terreno.

La presenza in superficie dei residui colturali o di cover crops permette di contenere l'azione dell'erosione ma allo stesso tempo contrasta la formazione di crosta superficiale che potrebbe creare problemi alla germinazione delle colture seminate, oltre a favorire i naturali processi di humificazione permettendo di conservare il tenore di sostanza organica nel suolo.

L'esecuzione delle lavorazioni minime permette di ottenere un suolo facile da lavorare per la realizzazione del letto di semina poiché nei suoli più tenaci con un semplice intervento di affinamento con erpice si completano le operazioni, mentre in suoli più sciolti è possibile già dopo l'intervento del coltivatore ottenere un letto idoneo alla semina.

Le caratteristiche costruttive di tale tipologia di macchine permettono di adattarle a molteplici condizioni operative anche in presenza di suoli parzialmente plastici o tenaci, con presenza di elevate quantità di residui che possono essere miscelati in parte o totalmente con il terreno.

Recentemente si è inserita nelle pratiche per la minima lavorazione l'aratura conservativa ossia un'aratura eseguita ad una profondità massima di 20 cm ma con limite ottimale identificato a 15 cm, che prevede l'interramento dei residui colturali negli strati aerati del terreno permettendo il normale svolgimento dei processi microbiologici di humificazione ed il contenimento di eventuali propagazioni di infezioni da parte di microrganismi micotossigeni.



Figura 5: Seminatrice meccanica a file combinata ad erpice rotante per la semina di cereali autunno-vernini su terreno gestito a minima lavorazione.

La minima lavorazione ha permesso la realizzazione di seminatrici combinate con erpici di vario tipo (fig. 4) che permettono con un unico intervento di completare tutte le operazioni, ossia la lavorazione del suolo e la preparazione del letto semina e la contemporanea deposizione del seme, riducendo nel contempo gli impieghi energetici e i costi colturali grazie ad un minor fabbisogno di manodopera ed una maggior capacità oraria.

Una particolare attenzione va riposta alla pratica del diserbo, poiché lo stock di semi di infestanti presenti nel terreno varia in modo considerevole rispetto alla tecnica tradizionale ed in particolar modo l'attenzione nelle pratiche di diserbo va spostata verso le specie a diffusione anemofila e a propagazione per rizoma, poiché queste ultime subiscono delle

spezzettature agli organi di diffusione a causa dell'intervento di ancore per lavorare il terreno, ma nel contempo non si ha più il rivoltamento che permetteva di devitalizzare tutti i rizomi che venivano portati in superficie ad opera degli agenti atmosferici.

La semina diretta è un'ulteriore evoluzione dell'agricoltura conservativa, poiché rappresenta il massimo livello di rispetto del suolo ed il contenimento dell'azione di agenti atmosferici su quest'ultimo.

La semina diretta si basa sul principio della non lavorazione del suolo, infatti per eseguire tale operazione non si interviene con nessuna operazione che vada ad intaccare il suolo ma si esegue la semina della coltura direttamente sul terreno nello stato in cui si trova.

Punto cardine di tale tecnica è la conservazione e accumulo di sostanza organica nel suolo per azione della degradazione dei residui colturali e di cover crops, che permettono di mantenere inalterata la fertilità del suolo e conservare la struttura, mentre l'azione di dissodamento viene esercitata dalle radici delle colture che si eseguono e che dopo la loro raccolta iniziano un processo di degradazione che si completa dopo 5-6 anni, dimostrando che per raggiungere un primo equilibrio produttivo è necessario come livello minimo un arco temporale di 5-8 anni, da tale momento in poi è sufficiente mantenere in regime il sistema.



Figura 6: Semina diretta di grano su appezzamento coltivato in precedenza a mais.

L'origine della semina diretta è assimilabile alle tecniche di lavorazione che applicano le popolazioni indigene delle regioni dell'amazonia, le quali operano la semina diretta delle colture a loro utili dopo aver disboscato una porzione di foresta e con l'ausilio di alcuni arnesi rudimentali depongono il seme nel suolo di natura forestale e quindi di facile penetrazione poiché è molto ricco di humus, senza rimuovere però la copertura vegetale presente evitando così l'erosione provocata dagli agenti atmosferici. Dopo 2-3 anni di coltivazione l'area viene lasciata alla riconquista da parte della foresta.

Sulla base di tale azione nel corso degli anni si è evoluta la tecnica della semina diretta che si è diffusa in modo considerevole nell'america latina e successivamente in altre zone del globo, in primo ordine negli USA e Australia e giungendo fino in Europa.

Attualmente le condizioni base per applicare la semina su sodo sono il rispetto massimo del suolo favorendo l'accumulo di carbonio organico ad opera della presenza dei residui colturali e l'impostazione di rotazioni colturali per il controllo delle infestanti e la degradazione ottimale dei residui.

Fattore di notevole rilievo è il controllo del compattamento del suolo che si esercita con l'adozione di trattrici di massa contenuta che è permessa dalla tecnica stessa e con l'intervento in campo nel momento ottimale ossia quando il terreno si presenta allo stato di tempera ideale e non in condizioni di eccessiva umidità.

L'applicazione della semina diretta ha richiesto lo sviluppo di macchine adeguate per la semina in condizioni critiche come la presenza cospicua di residui o di terreni eccessivamente compattati.

Le seminatrici da sodo nella maggior parte dei modelli presenti sul mercato mondiale si presentano con elemento di semina a disco, in quanto risulta essere la tipologia che si adatta meglio di tutte alla lavorazione in presenza di residui colturali o di terreno compattato, mentre la tipologia con ancora si presta meglio ad operare su terreni sciolti ed in presenza di scheletro.

Nel corso degli anni le aziende costruttrici, influenzate anche dalla forte spinta della ricerca svolta sull'applicazione di tale tecnica in tutte le parti del mondo, hanno sviluppato quattro tipologie o meglio geometrie degli elementi di semina.

La prima tipologia, la quale risulta essere anche la più diffusa ed utilizzata dai costruttori, è quella a V caratterizzata da elemento a triplo disco costituito da un disco taglia residuo a cui seguono disposti a V due dischi che eseguono l'apertura e formazione del solco di semina ove avviene la deposizione del seme, tale elemento si caratterizza per la capacità

di operare anche in presenza di elevate quantità di residuo e con suoli eccessivamente compattati; un'altra tipologia è rappresentata dall'elemento di semina con geometria ad U, il quale non risulta più applicato da alcun costruttore, in quanto presenta diverse difficoltà di operare con suoli eccessivamente compattati ed in presenza di residui.

La terza tipologia è identificabile con geometria a T rovesciata che identifica l'elemento ad ancora che si distingue per una buona penetrazione nel suolo anche se molto compattato, ma non adatto ad operare su terreni con tessitura molto fine e con scarsa dotazione di sostanza organica poiché si è riscontrata la produzione di zolle piatte che non permettono di richiudere il solco in modo ottimale dando origine di conseguenza a fenomeni di scarsa germinazione. La diffusione è limitata alle zone in cui si presentano suoli con caratteristiche ideali ad ospitare tale elemento di semina, ed il numero dei costruttori che hanno tra i loro modelli questa tipologia sono alquanto limitati.



Figura 7: elemento di semina a T rovesciata

La quarta tipologia è rappresentata dall'elemento di semina a croce + di recente introduzione nel mercato mondiale, commercializzato da un'azienda neozelandese la quale lo ha ideato e sviluppato. Questa tipologia è costituita da un'ancora a croce che

penetra nel terreno realizzando la deposizione del seme ed in contemporanea quella del concime alla profondità di semina prestabilita senza porre però a diretto contatto il seme con il concime. L'elemento di semina si caratterizza per la presenza affiancata ad ogni ancora di due ruote limitatrici di profondità che permettono di stabilizzare l'elemento durante la semina e nel contempo di evitare il sollevamento di zolle piatte che potrebbero dare problemi di germinazione della coltura. Fattore distintivo di tale macchina è la regolazione idropneumatica della pressione al suolo di ciascun elemento, favorendo la completa omogeneità di deposizione del seme anche in presenza di una variabilità di tessitura o strutturale del terreno.



Figura 8: elemento di semina a croce realizzato e sviluppato dalla Cross slot

Le recenti esigenze di applicazioni di alta tecnologia per l'ottimizzazione dei fattori hanno comportato l'adozione di sistemi di controllo e dosaggio a volume variabile della semente e del concime, il tutto per l'applicazione della tecnica di agricoltura di precisione.

La tematica della gestione di residui colturali rappresenta un aspetto di ricerca su cui stanno operando diverse entità di ricerca, da università ad enti preposti sparsi in tutto il mondo, motivati dal fatto che tale materiale organico è motivo di sequestro del carbonio e quindi fattore di controllo dell'effetto serra.

Gli aspetti investigati in varie parti del mondo hanno dimostrato che la degradazione dei residui e la conseguente trasformazione in sostanza organica varia in base alla coltura considerata e all'ambiente in cui si opera.

Attività di monitoraggio svolte in Argentina su terreno a semina diretta, hanno dimostrato che in un ambiente con una piovosità annua di circa 500-600 mm i residui colturali di frumento hanno un tempo medio di degradazione di circa 2 anni, mentre nel caso della soia dopo il primo anno si osserva una degradazione di circa il 90%, fattore notevolmente diverso è quello del mais che impiega dai 4 ai 6 anni per la degradazione.

Tale dinamica di evoluzione è influenzata dalle condizioni climatiche e dalle rotazioni e fertilizzazioni che si applicano.

La piovosità è uno dei fattori principi delle velocità di degradazione, in quanto l'azione svolta dai microrganismi è regolata dagli scambi idrici che questi svolgono e la presenza di periodi di assenza di precipitazioni può comportare il blocco dei processi in atto limitando di conseguenza l'accumulo di carbonio organico, importanza notevole ricopre anche la temperatura poiché il verificarsi di periodi con basse temperature comporta un rallentamento o blocco dei processi biochimici.

Importante è anche la composizione chimica dei residui che varia in base alla specie considerata infatti nel mais è possibile riscontrare la presenza di lignina che si caratterizza per una struttura chimica notevolmente più complessa della cellulosa e che di conseguenza sarà necessario più tempo ed un maggior impiego di energia per completare la degradazione, mentre nel caso di residui di frumento si ha una degradazione più veloce ma che richiede almeno 2 anni di tempo, più veloce risulta essere l'azione svolta sulla soia che presenta una struttura prevalentemente di natura cellulosolitica di facile degradazione. Influenza viene esercitata anche dalle concimazioni che si eseguono, infatti il processo di degradazione si svolge con l'uso di azoto da parte dei microrganismi che vanno a complessarlo nelle molecole di sostanza organica e al contempo ne ricavano energia per svolgere tale attività.

La questione risulta leggermente diversa nel caso in cui si opera su terreno sottoposto a minima lavorazione ove si ha parziale miscelazione dei residui con il terreno o nel caso in cui si adotti l'aratura conservativa, poiché il contatto con il terreno ove si trova anche una notevole flora batterica permette di accelerare i processi anche grazie all'azione meccanica che svolgono le operazioni di lavorazione del terreno che spezzettano i residui e ne aumentano la superficie d'attacco da parte dei microrganismi.

Legame particolare dei residui lo si ha con i funghi micotossigeni che attaccano le varie colture e che per sopravvivere nei periodi in cui non vi è presenza di un ospite idoneo alla regolare attività parassitica si riscontra la sopravvivenza di inoculo infettivo nei residui che trascorreranno il periodo di non coltivazione sulla superficie del terreno.

La situazione può cambiare notevolmente nel caso in cui si operi in regime di minima lavorazione, perché l'inoculo infettivo subisce una degradazione infettiva più rapida con maggior potenziale di abbattimento.

Particolare attenzione a questa tematica è stata posta negli ultimi anni dalla ricerca italiana, in seguito agli eventi verificatisi nel 2003 che hanno fortemente condizionato la commercializzazione dei cereali e aggravato le condizioni sanitarie tanto da indurre alla costituzione di un gruppo di lavoro sulle micotossine.

Nell'estate del 2003 si è verificata una siccità senza precedenti in tutto il sud dell'Europa compromettendo in modo irrevocabile le coltivazioni della pianura padana ove si ha la maggior produzione nazionale di cereali.

La siccità è stata accompagnata dal perdurare per tutta l'estate di alte temperature che hanno originato le condizioni ottimali per lo sviluppo di specie fungine micotossigene come *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., e *Penicillium* spp..

L'*Aspergillus* spp. ha trovato le condizioni ottimali con le alte temperature, mentre la siccità ha posto l'ambiente ottimale per lo sviluppo del *Fusarium* spp. ed il successivo autunno caratterizzato da eventi piovosi frequenti ha permesso al *Penicillium* spp. di radicarsi nel territorio.

Tali problematiche erano già note ma a seguito degli eventi atmosferici che si sono verificati nell'estate 2003 hanno comportato una forte infezione sulle derrate prodotte tanto da comprometterne la commercializzazione e la destinazione ad uso alimentare diretta per il consumo umano, costringendo i produttori a mantenere sotto controllo anche la presenza di funghi micotossigeni.

Per esercitare un controllo valido è stato necessario adottare un protocollo di lavorazione del suolo che permettesse di controllare e ove possibile di eliminare possibili infezioni; a tal scopo è stato elaborato un vademecum in cui si riportava di eseguire coltivazioni con un'equilibrata concimazione, eseguire irrigazioni ove necessario e possibile, provvedere all'interramento dei residui colturali, impostare rotazioni idonee e dove possibile evitare la monosuccessione.

Sulla base di tale protocollo si prevede l'esclusione delle tecniche di agricoltura conservativa e cioè l'esclusione della minima lavorazione e della semina su sodo, a seguito di ciò si è pianificato un percorso colturale che rispetti i principi del vademecum elaborato ma che introduca la minima lavorazione e la semina su sodo.

Esperienze di tale tipo attualmente pubblicate a livello mondiale non sono presenti, in quanto per la propria collocazione geografica l'Italia risulta essere la nazione

maggiormente interessata da tale problematica, anche in funzione del recepimento delle normative europee che impongono soglie di contaminazione molto basse.

Attività di ricerca attive per la verifica in campo sono rappresentate da un piano nazionale di monitoraggio senza eguali in Europa che da due anni sta raccogliendo dati di notevole importanza e che nei prossimi anni potrà sicuramente fornire informazioni molto utili.

Da sottolineare che in altre parti del mondo al di fuori dell'unione europea non vi è una legislazione che regolamenti la presenza di tossine prodotte da organismi micotossigeni e di conseguenza la tematica non risulta di alcun interesse.

Tale azione si dimostra un punto strategico anche per la necessità di contrastare i cambiamenti climatici grazie all'applicazione dell'agricoltura conservativa, ma allo stesso tempo si ha la necessità di produrre derrate idonee al consumo umano e animale.

1.1.1 Effetti delle lavorazioni conservative sull'ambiente

1.1.1.1 Effetti sul suolo

Il suolo viene definito come la parte superficiale della crosta terrestre, in grado di ospitare le piante viventi, costituito da sostanze organiche o inorganiche, sede di attività microbiche e processi fisici che ne determinano una evoluzione continua.(Giardini, 2002)

I processi fisici che interessano il suolo possono portare alla graduale formazione di strati o orizzonti, caratterizzati da specifiche proprietà chimiche e fisiche, che determinano il profilo o la stratigrafia del suolo.

Nei terreni definiti naturali si trova una stratigrafia diversificata in quanto non sopraggiungono modificazioni antropiche che ne alterano la composizione; al contrario il terreno sottoposto a lavorazioni da parte dell'uomo, riporta una semplificazione che lo distingue in 2 soli strati:

- suolo o strato attivo
- strato sub attivo o strato inerte

Ogni terreno è costituito schematicamente da 3 componenti:

- parte solida: sostanze minerali e materiale organico;
- parte liquida: acqua e sostanze disciolte;
- parte gassosa: atmosfera del terreno;

Il materiale solido è definito granulometria o tessitura (Giardini, 2002) e ricopre un ruolo importante nella definizione di un terreno, in quanto la diversa miscela percentuale delle componenti di terra fine, permette di classificarlo e di definire le sue caratteristiche peculiari.

In base a questa classificazione dividiamo i terreni, tendenzialmente o completamente, in:

- Sabbiosi: se la componente prevalente, è la sabbia;
- Limosi: se la componente prevalente, è il limo;
- Argillosi: se la componente prevalente, è l'argilla;

Un altro elemento che compone la parte solida è rappresentato dai residui organici che rimangono sul terreno dopo la raccolta e che inglobati permettono di migliorarne le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche.

La parte liquida è rappresentata dalla soluzione circolante, in essa sono disciolte le sostanze nutritive indispensabili alla vita delle piante (Giardini, 2002). La diversa percentuale di acqua contenuta nel terreno, definisce le condizioni ideali per la vita delle piante e per stabilire l'epoca ottimale per l'esecuzione delle lavorazioni.

L'atmosfera del terreno, definisce la parte gassosa, è la componente che permette la vita delle piante e dei microrganismi che risiedono nel terreno. Le sostanze gassose sono contenute all'interno dei macropori che si creano in seguito alla strutturazione degli aggregati del terreno (Giardini, 2002).

Le diverse combinazioni delle tre parti sopra descritte, definisce le caratteristiche di lavorabilità, fertilità e produttività di un terreno.

1.1.1.2 Effetti sulle caratteristiche fisiche del terreno

Le caratteristiche fisiche del terreno derivano in maniera preminente dalla diversa composizione e distribuzione delle componenti di terra fine. Esse hanno una notevole importanza nella scelta delle operazioni conservative, perché stabiliscono se l'utilizzo di tali tecniche possa portare ad ottenere effetti positivi o negativi sul terreno. Un indice che permette di valutare tale effetto è la porosità. È definita come la frazione del terreno che non viene occupata dalle particelle solide del terreno (Giardini, 2002). Si viene a creare in seguito all'assestamento degli aggregati strutturali. La porosità totale è definita da due tipologie di "pori", la prima rappresentata dagli spazi con diametro < di 50 micron definiti micropori, occupati dalla soluzione circolante; la seconda tipologia è rappresentata dai macropori, nei quali è contenuta l'aria. La dimensione dei pori è molto importante per un corretto sviluppo dell'apparato radicale, infatti è indispensabile che le piante trovino nel terreno pori compresi tra i 100 e i 200 micron (Pagliai, 1986) e pori superiori a 500 micron per svilupparsi e approfondirsi nel terreno. Valutazioni effettuate su terreni ove vengono eseguite lavorazioni conservative (Pagliai, 1986) hanno evidenziato, come la presenza di pori di dimensioni comprese tra 30 e 500 micron, sia superiore rispetto a quelle lavorate

con tecniche convenzionali. Dal grafico 1, si può vedere come vi sia una differenza tra le dimensioni dei pori all'inizio del ciclo produttivo dopo l'utilizzo di tecniche convenzionali e tecniche conservative.

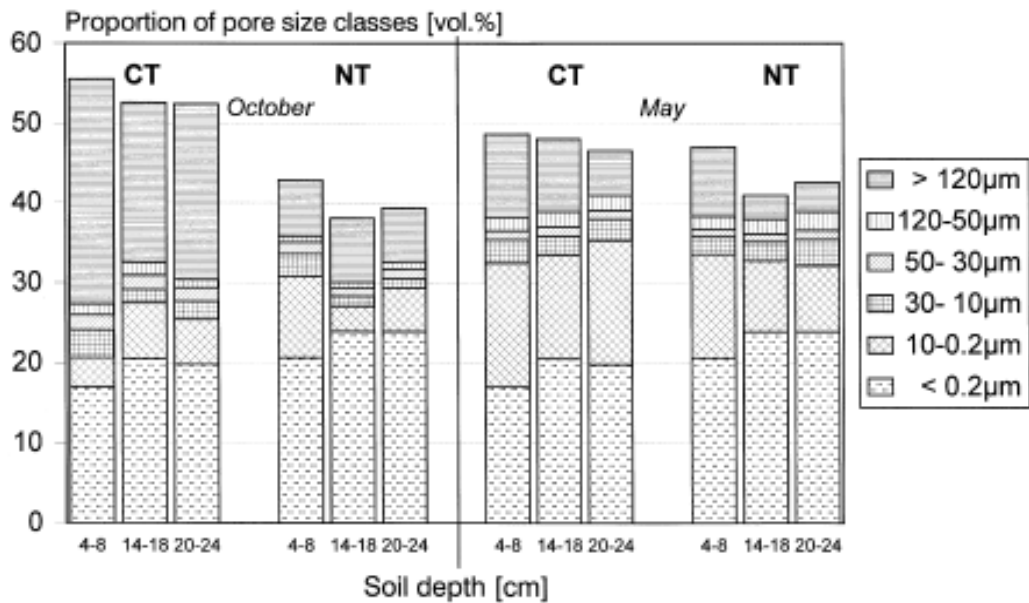


Grafico 1 Effetto della metodologia di lavorazione sulla dimensione dei pori del terreno (Pagliai, 1986)

Le prime creano nel terreno pori di dimensioni maggiori di 120 micron in misura del 50 % sul volume totale, le seconde, invece, lasciano nel terreno pori molto più piccoli che si attestano tra i 20 e i 50 micron. Considerando poi la porosità nella parte terminale del periodo, si osserva come vi sia un assestamento delle dimensioni dei pori che nelle tecniche convenzionali porta ad un aumento molto marcato della microporosità a scapito dei pori con dimensioni maggiori. Il fenomeno è legato all'elevato numero di passaggi sul terreno che tali operazioni eseguono che già dopo il primo passaggio, dimezza il numero di pori con dimensione maggiore di 50 micron (grafico 2). Nelle tecniche conservative si assiste ad una riduzione della porosità in misura meno marcata che si attesta intorno al 24% ad una profondità di 12 cm e al 16% ad una profondità di 20 cm. Questa minore riduzione, deriva dalla capacità del terreno di creare pori con orientamento verticale che permettono di aumentare la stabilità dopo il passaggio dei mezzi operativi (Pagliai, 1986).

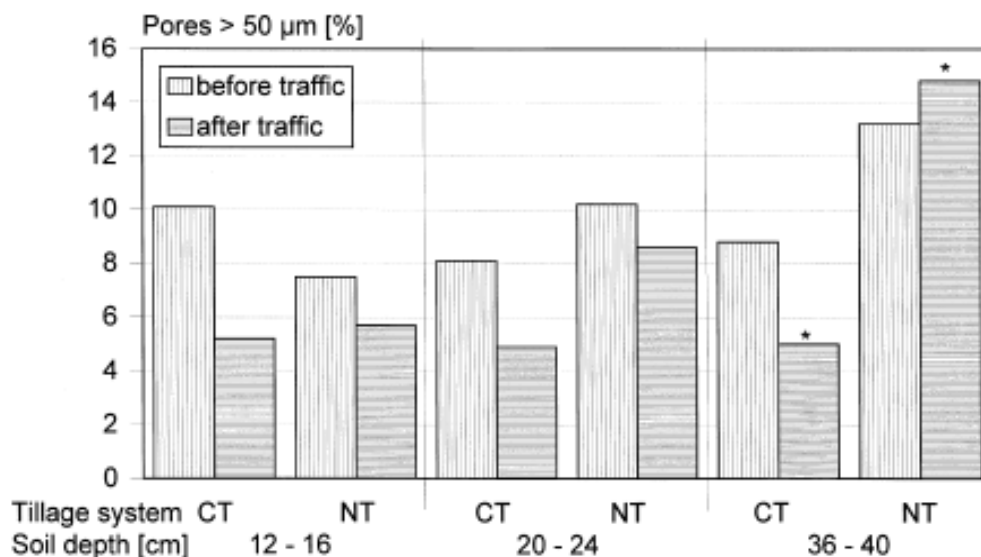


Grafico 2 Effetto della metodologia di lavorazione sulla dimensione dei macropori del terreno, dopo il passaggio dei mezzi operativi. (Pagliai, 1986)

L'evidenziata capacità delle tecniche conservative di creare pori di piccole dimensioni può portare a degli effetti svantaggiosi. Tali effetti sono da attribuire principalmente all'eccessivo compattamento che si può verificare in terreni argillosi, ove l'elevata presenza di argille poco espandibili porta ad accentuare fenomeni di ristagno superficiale con aumento dei fenomeni erosivi o di asfissia del terreno (Caliandro, 1997). Uno dei fattori utilizzati per determinare il grado di compattamento del terreno è il valore di densità apparente. Esso rappresenta il rapporto tra la massa totale del terreno e il suo volume totale. È importante perché il compattamento del terreno porta ad un aumento del valore di densità apparente e alla diminuzione del volume dei pori presenti nel terreno; creando così una riduzione della aerazione, della temperatura del suolo e a cambiamenti nei processi biologici (Logsdon and Douglas, 2004). Tebrugge, 1999, riporta come valori elevati di densità apparente, $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$, si verificano negli strati superficiali del terreno a seguito dell'adozione di tecniche di non lavorazione, come confermato anche da Jin et al., 2007. Negli strati sub-superficiali si osserva però una riduzione del valore fino a $1,41 \text{ Mg m}^{-3}$ che dimostra come tali tecniche, siano in grado di evitare maggiormente il compattamento del terreno. Le tecniche convenzionali, invece, permettono di ottenere valori molto bassi, $1,18 \text{ Mg m}^{-3}$ in superficie, ma a causa dell'azione dell'aratro il valore aumenta fino a valori di $1,51 \text{ Mg m}^{-3}$ ad una profondità di 40 cm. Questo fenomeno di aumento della densità e del compattamento del terreno negli strati sub-superficiali, da parte delle tecniche convenzionali, ci viene dato dal grafico 3, che riporta i valori di resistenza alla penetrazione a seguito delle diverse operazioni di lavorazione del terreno.

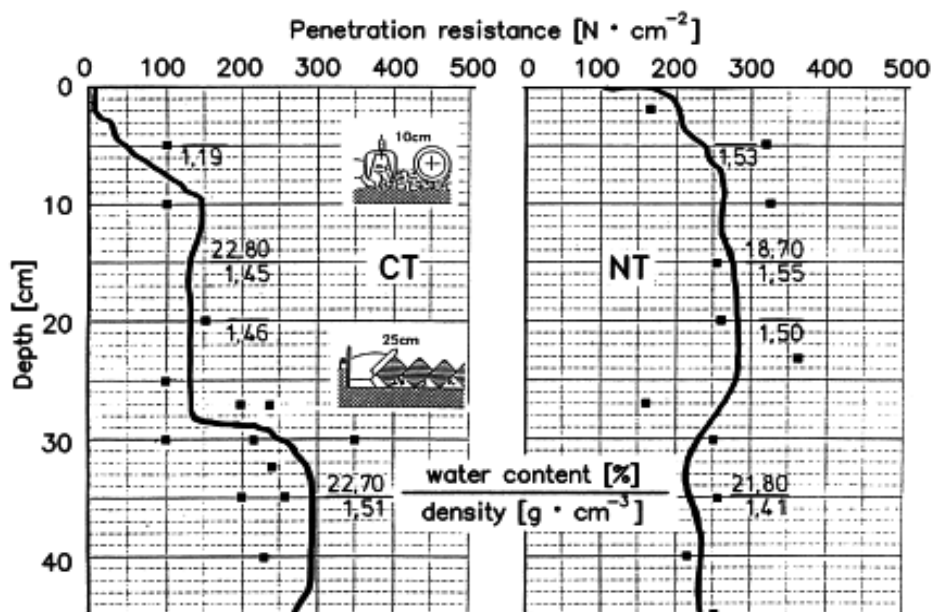


Grafico 3 Effetto della metodologia di lavorazione del terreno su resistenza alla penetrazione, contenuto idrico, densità apparente. (Tebrugge, 1999)

Una ulteriore spiegazione della riduzione del valore di densità e resistenza alla penetrazione è da ricercare nella capacità dei terreni argillosi di creare fessurazioni e alla maggiore attività biologica presente durante la stagione primaverile – estiva; in terreni argillosi, infatti, l'elevata presenza di argille rigonfiabili, posti in ambienti siccitosi, permettono la formazione di crepe di varie dimensioni, che in parte possono attenuare l'effetto depressivo delle lavorazioni conservative sulla macroporosità (Tebrugge, 1999).

1.1.1.3 Effetti sulla sostanza organica del terreno

Nel terreno agrario la componente organica è sempre presente in quantità variabile e lo stadio di evoluzione ne influenza le caratteristiche. La sostanza organica è composta dai residui organici che aggrediti da agenti atmosferici e microbici, li rendono sostanze complesse che espletano azioni quali, nutrizione, strutturazione e permeabilità del terreno (Giardini, 2002). La presenza del materiale organico è da considerarsi una delle componenti fondamentali per la fertilità del terreno (Hernanz et al. 2001). Alcune problematiche dell'utilizzo delle tecniche conservative nella gestione della sostanza organica sono evidenziate da uno studio di Gonzales and Fernandez, 1997, dal quale emerge che la materia organica lasciata sul terreno dopo la raccolta in ambienti freddi e con elevata pluviometria può creare lo sviluppo di composti fitotossici che rendono difficile la germinazione e la coltivazione della coltura successiva. Affermano, inoltre, che la sostanza presente negli strati più profondi è sostanzialmente identica a quella dopo

l'utilizzo di tecniche tradizionali; le differenze si riscontrano solamente nello strato superficiale, dove le operazioni conservative tendono a concentrarla. A supporto di quanto affermato nel grafico 4, è possibile vedere come la non lavorazione permette di avere un maggior contenuto di sostanza organica nei primi 5 – 10 cm al contrario della minima lavorazione e delle tecniche convenzionali; è da sottolineare però come le tecniche convenzionali permettano una migliore distribuzione lungo il profilo rispetto alle tecniche conservative (Hernanz et al. 2001).

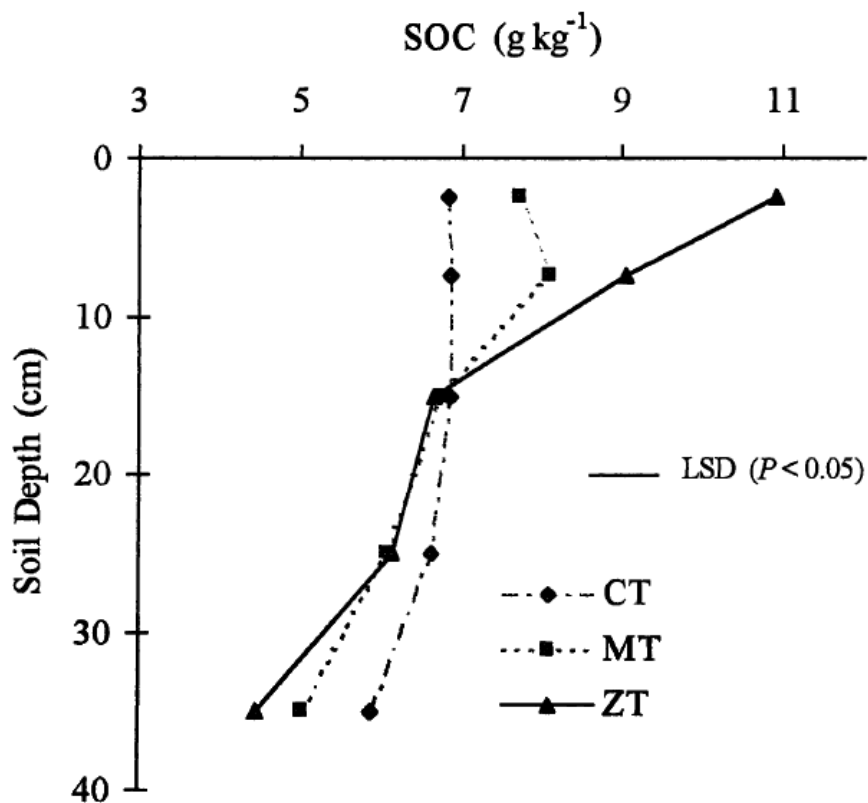


Grafico 4 Effetto della metodologia di lavorazione sulla concentrazione di Carbonio Organico lungo il profilo del terreno. (Hernanz et al. 2001)

Questa caratteristica viene confermata inoltre, da Tebrugge, 1999, grafico 5, si afferma come le tecniche di non lavorazione sono in grado di lasciare nel terreno una percentuale di sostanza organica maggiore, soprattutto negli strati superficiali del terreno.

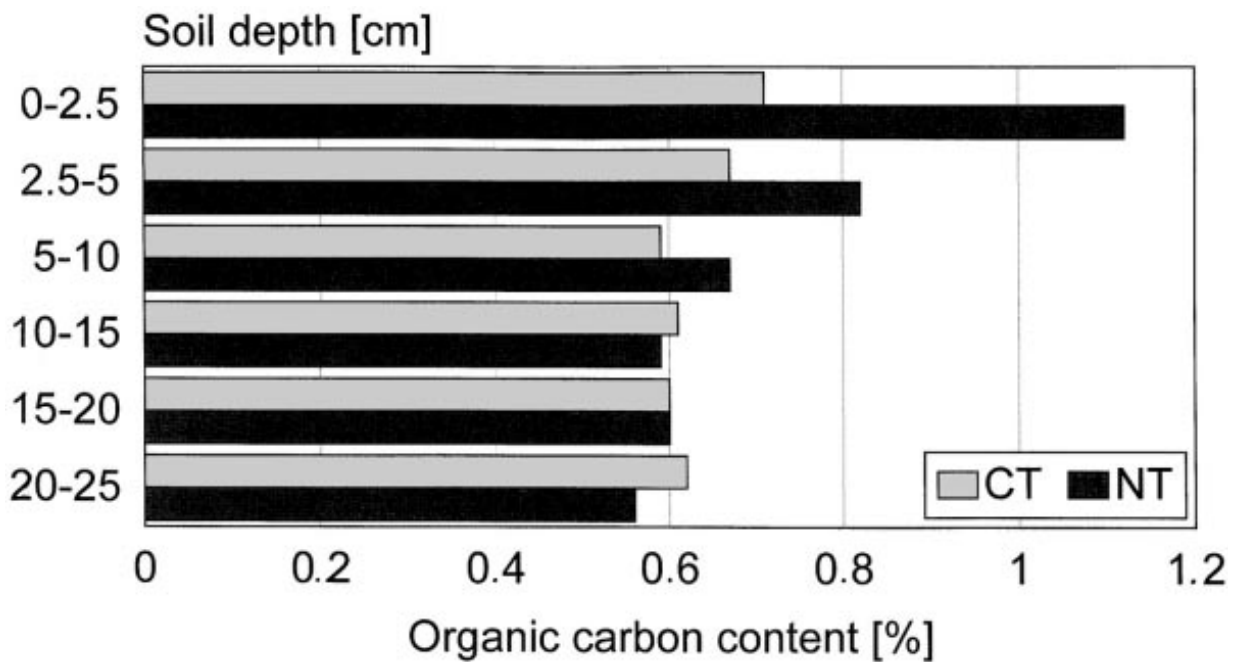


Grafico 5 Effetto della metodologia di lavorazione sulla concentrazione di Carbonio Organico lungo il profilo del terreno. (Tebrugge, 1999)

1.1.1.4 Effetti sul contenuto idrico del terreno

La presenza di abbondanti residui sulla superficie del terreno, permette di ottenere un effetto benefico sulla presenza d'acqua. Questo è dovuto alla capacità dei residui di creare una barriera che limita la perdita di acqua attraverso l'evaporazione. La maggiore disponibilità di acqua rappresenta un aspetto molto importante durante le stagioni con piovosità scarsa e clima secco (Bescansa et al., 2005). Studi condotti sul contenuto di acqua all'interno del terreno evidenziano risultati discordanti sull'effettiva azione vantaggiosa delle tecniche conservative. Questo è dovuto principalmente alla diversa risposta del terreno alle tecniche di lavorazione conservativa e alle caratteristiche climatiche. Lo studio di Bescansa et al, 2005, conferma invece l'effettiva efficacia delle lavorazioni conservative sul contenuto idrico del terreno in presenza di condizioni secche.

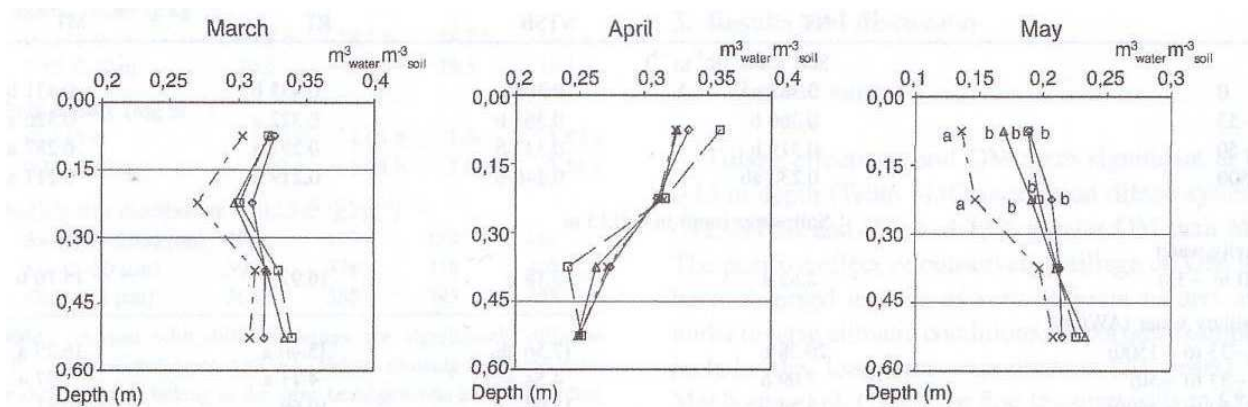


Grafico 6 Effetto della metodologia di lavorazione sul contenuto di acqua lungo il profilo del terreno. (Bescansa et al., 2005)

Viene affermato dalle esperienze condotte, che durante il periodo più secco della stagione i terreni soggetti a lavorazioni conservative presentano un maggiore contenuto idrico disponibile rispetto alle tecniche convenzionali (grafico 6). È da sottolineare però come la tecnica della non lavorazione nei primi anni di attuazione non sia in grado di fornire alla coltura una percentuale maggiore di acqua rispetto alla tecnica convenzionale, grafico 7, dovuto principalmente alle modificazioni che il terreno subisce durante la conversione da un sistema all'altro, che aumenta il compattamento e riduce la capacità di immagazzinare acqua da parte del terreno (Wilkins et al., 2007).

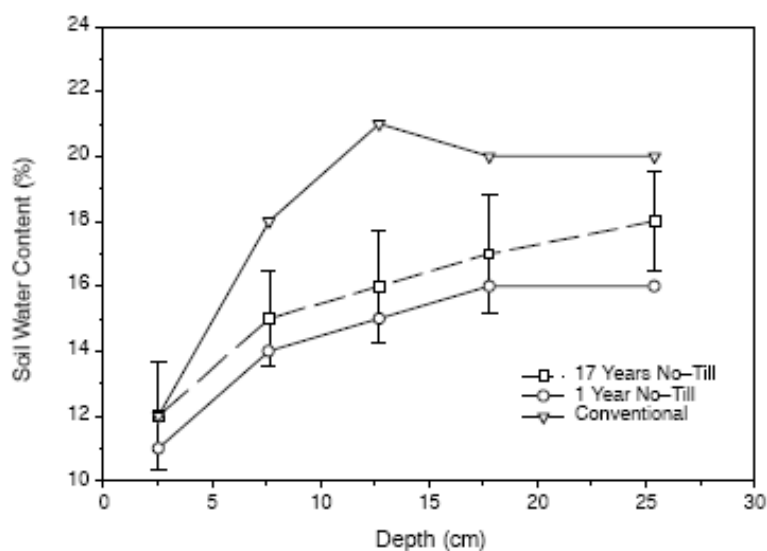


Grafico 7 Effetto sul contenuto di acqua in un terreno sottoposto a non lavorazione, per 1 e 17 anni e lavorazione convenzionale. (Wilkins et al., 2007)

L'utilizzo di cover crop durante il periodo invernale, inoltre, porta ad un effetto positivo sul contenuto di acqua nel terreno (Ward et al., 2006). È possibile notare (grafico 9) come la cover crop lasciata sul terreno, permetta di ottenere un aumento variabile tra il 4 e il 7% durante il periodo di crescita, rispetto alle tecniche di lavorazione tradizionale.

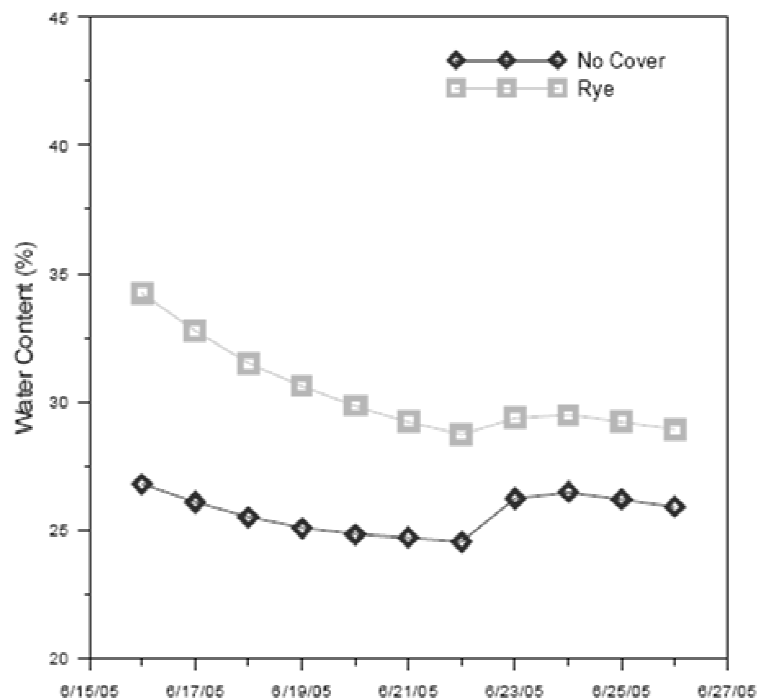


Grafico 9 Effetto della copertura del terreno sul contenuto di acqua nel terreno. (Ward et al., 2006)

Questa maggiore capacità idrica deriva non solo dalla capacità dei residui lasciati in superficie di trattenere l'acqua nel terreno; ma anche, dalla maggiore presenza di sostanza organica e distribuzione dei pori lungo il profilo del terreno che migliorano la capacità idrica del terreno aumentando così il contenuto idrico del terreno (Ward et al., 2006).

1.1.1.5 Effetti sull'erosione

Per erosione si definisce il processo di distacco delle particelle solide del terreno e il loro trasporto da una zona ad un'altra dove vengono depositate. Gli agenti che operano il distacco possono essere generalmente due, l'acqua e il vento. Considerando l'azione dell'acqua, l'effetto erosivo avviene attraverso l'azione battente delle gocce che cadono sul terreno, o attraverso l'asportazione delle particelle attraverso lo scorrimento sulla superficie e la creazione di solchi (Mazzoncini and Bonari, 1997). I due meccanismi spesso si verificano contemporaneamente, infatti, il primo permette il distacco delle particelle dal terreno, il secondo le trasporta e le deposita in un'altra zona. Il fenomeno è più accentuato ove le particelle del terreno sono meno aggregate e non dotate di elementi cementanti, quali argille e sostanza organica. Nel nostro paese si stima che la quota di terreno perso per fenomeni erosivi si attesti su valori medi di 1,7 – 1,8 t/ha/anno. Considerando che l'erosione idrica è un fenomeno naturale e quindi non completamente

eliminabile; si deve pertanto attuare una serie di accorgimenti colturali, che permettano, attraverso una corretta gestione del suolo, di contenere tale fenomeno.



Figura 9: Erosione idrica originata da una non corretta regimazione delle acque meteoriche a seguito di errate lavorazioni tradizionali

Gli interventi devono essere in grado di ridurre l'energia cinetica delle gocce che cadono sul terreno, per diminuire la quota di terreno che si distacca e può essere trasportata; inoltre, capaci di ridurre il ruscellamento attraverso l'aumento della capacità di infiltrazione delle acque piovane nel terreno. Le tecniche conservative rispondono in maniera efficace a queste due prerogative, in quanto prevedono di lasciare sulla superficie una quantità molto elevata di residui colturali (Mazzoncini and Bonari, 1997). La tecnica della non lavorazione, come si può vedere dalla tabella 1, offre la copertura della superficie maggiore con valori che si attestano intorno al 90% se il residuo lasciato sul terreno è di frumento o del 60% se di soia (Boiffin et Monnier, 1994).

LAVORAZIONE DEL TERRENO	COLTURA PRECEDENTE	
	FRUMENTO	SOIA
Aratura + 2 lavorazioni superficiali	5	2
Chisel + 2 lavorazioni superficiali	10	2
Lavorazione superficiale	25	10
Semina diretta	90	60

Tabella 1 Effetto della metodica di lavorazione sul grado di copertura del terreno (Boiffin et Monnier, 1994).

La rugosità è un ulteriore elemento che va considerato per definire l'efficacia di un sistema colturale nel contenere fenomeni erosivi. In tabella 2, si può notare come, in presenza di terreno privo di residui, l'indice di rugosità del terreno sia maggiore con l'utilizzo di tecniche di minima lavorazione rispetto alle tecniche convenzionali e di non lavorazione. Le prime, infatti, permettono di creare maggiori micro depressioni in grado di aumentare l'infiltrazione dell'acqua, fino al 62% della pioggia caduta, limitare il ruscellamento e l'asportazione di terreno rispetto alle tecniche convenzionali e di semina su sodo.

LAVORAZIONE DEL TERRENO	INDICE DI RUGOSITA' (cm)	INFILTRAZIONE (% di pioggia caduta)	RUSCELLAMENTO (mm)	PERDITA DI TERRENO (t/ha)
Aratura + lavorazione superficiale	1.50	18	67	21
Chisel + lavorazione superficiale	1.70	22	64	18
Lavorazione superficiale	2.66	62	59	12
Semina diretta	0.54	5	102	33

Tabella 2 Effetto della metodica di lavorazione sull'indice di rugosità e perdita di terreno su suolo privo di residui colturali (Boiffin et Monnier, 1994).

Queste caratteristiche devono essere considerate al momento di attuare una lavorazione conservativa ove vi sia stata una coltura in grado di lasciare poco residuo culturale sulla superficie, come patata e bietola; in quanto si avrebbe una maggiore erosione del terreno (Mazzoncini and Bonari, 1997). In presenza di buona copertura del terreno, invece, le tecniche di non lavorazione, offrono un notevole supporto per contenere i fenomeni erosivi. Come si nota dalla Tabella 3 (Boiffin et Monnier, 1994), tali tecniche possono abbassare in maniera considerevole la quantità di terreno persa per ruscellamento, rispettivamente 0,2 t/ha in presenza di strutture antierosive, quali terrazzamenti e bande inerite, 0,1 t/ha senza alcuna struttura rispetto alle tecniche convenzionali. Il dato ottenuto nella prova senza alcuna struttura antierosiva ci permette di capire come non sia solo

l'effetto dei residui a contenere l'asportazione del terreno, ma tali tecniche siano in grado di favorire altri effetti, quali l'aumento della resistenza all'incisione e la riduzione della velocità di scorrimento dell'acqua (Boiffin et Monnier, 1994).

CARATTERISTICHE DEL BACINO SCOLANTE	BACINO 1	BACINO 2	BACINO 3	
STRUTTURE DI PROTEZIONE (terrazzamenti, bande inerbite)	SI		NO	
LAVORAZIONE DEL TERRENO:				
Convenzionale L	L	D	L	D
Semina diretta D				
PLUVIOMETRIA (mm)	1233	1185	1276	1238
CASI DI RUSCELLAMENTO	15	10	26	16
RUSCELLAMENTO TOTALE (mm)	147	63	221	87
SEDIMENTI ASPORTATI PER RUSCELLAMENTO (t/ha)	2.8	0.2	26.3	0.1

Tabella 3 Effetto della metodica di lavorazione sulla perdita di terreno per ruscellamento (Boiffin et Monnier, 1994).

1.1.16 Effetti sulla liberazione di CO₂

Il carbonio è uno degli elementi fondamentali per dare al terreno quelle proprietà chimiche e biologiche indispensabili per ottenere un miglioramento della produttività (Reicosky, 1997). Negli ultimi decenni la possibilità di un surriscaldamento globale dovuto a gas serra, ha posto sempre maggiore attenzione nei confronti dell'anidride carbonica. Le piante sono in grado di catturare la CO₂ e attraverso le radici, ridistribuirlo nel profilo del terreno, permettendo così una minore liberazione di carbonio sotto forma di anidride carbonica (Reicosky, 1997). Studi condotti per definire il livello di CO₂ liberata a seguito della lavorazione hanno rivelato come la minima lavorazione e ancora di più la non lavorazione siano in grado di abbassare il flusso di anidride carbonica liberata nell'atmosfera (Reicosky, 1997). Nel grafico 10, possiamo vedere come durante il ciclo produttivo di una coltura sottoposta a differenti tecniche di lavorazione l'emissione di CO₂ sia influenzata dagli eventi colturali che si vengono a verificare.

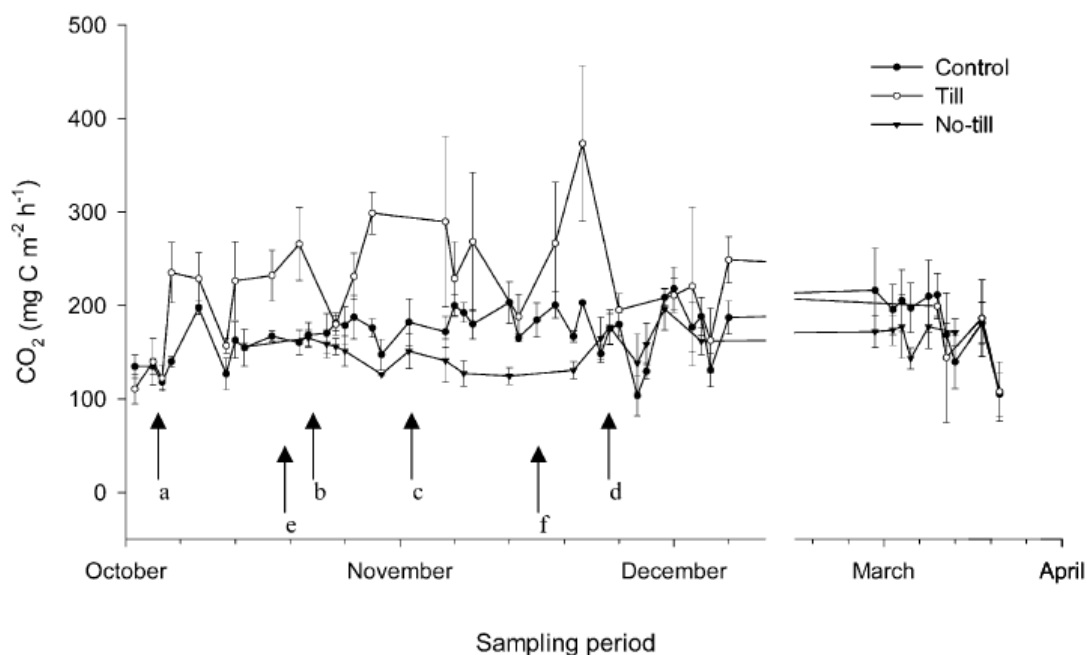


Grafico 10 Effetto della metodologia di lavorazione sulla liberazione di CO₂. (Passianoto et al., 2003)

L'emissione di CO₂, tra i mesi di Ottobre e Dicembre, ove si attuano tecniche di non lavorazione ammonta a 2,5 Mg C ha⁻¹, rispetto alle tecniche convenzionali dove si registra una emissione di 3,7 Mg C ha⁻¹. Dal grafico 10 si evidenzia come questa maggiore emissione di anidride carbonica sia legata all'esecuzione delle normali lavorazioni nella tecnica convenzionale, infatti osserviamo come vi sia un picco allo stadio di primo e secondo intervento (a e b). La valutazione nel lungo periodo porta a definire come le tecniche di non lavorazione rispetto alle convenzionali portano ad una riduzione delle emissioni di CO₂, infatti, nelle prime le emissioni totali durante tutto il ciclo colturale sono di 6,12 Mg di C ha⁻¹, rispetto a 8,69 Mg C ha⁻¹ (Passianoto et al., 2003). Le ragioni che permettono di contenere la produzione di gas serra quali la CO₂, sono sostanzialmente dovute a fenomeni di natura fisica; infatti, le lavorazioni conservative, al contrario delle tecniche convenzionali, riducono la quantità di sostanza organica esposta all'aria contenendo così, i fenomeni degradativi. Una seconda motivazione è data dalla capacità di non creare rotture negli aggregati del terreno, che permetterebbero così ai microbi di degradare velocemente la sostanza organica presente (Passianoto et al., 2003).

1.1.1.7 Effetti sull'azoto presente nel terreno

Azoto nel terreno

L'azoto è uno dei costituenti principali della materia vivente; esso entra nella formazione delle strutture proteiche atte alla crescita e allo sviluppo della vegetazione. Viene utilizzato come leva per aumentare la produttività, le piante infatti, rispondono in maniera immediata alla sua somministrazione nel terreno (Giardini, 2002). Oltre alla somministrazione diretta al terreno di sostanze azotate, attraverso la fertilizzazione, i processi di nitrificazione che avvengono consentono la liberazione dello ione nitrico che diviene così disponibile per le piante. Le tecniche conservative riducendo la macroporosità e facilitando la ritenzione dell'acqua riducono tale fenomeno a vantaggio della denitrificazione. Questo è possibile vederlo analizzando la popolazione microbica interessata alla trasformazione dell'azoto (grafico 11); si osserva infatti, come nella zona sub-superficiale, i microrganismi denitrificanti sono in quantità maggiore rispetto ai nitrificanti; nella zona superficiale invece, la metodologia di lavorazione non influisce sulla modificazione della popolazione batterica e perciò sul fenomeno (Germon et al., 1994).

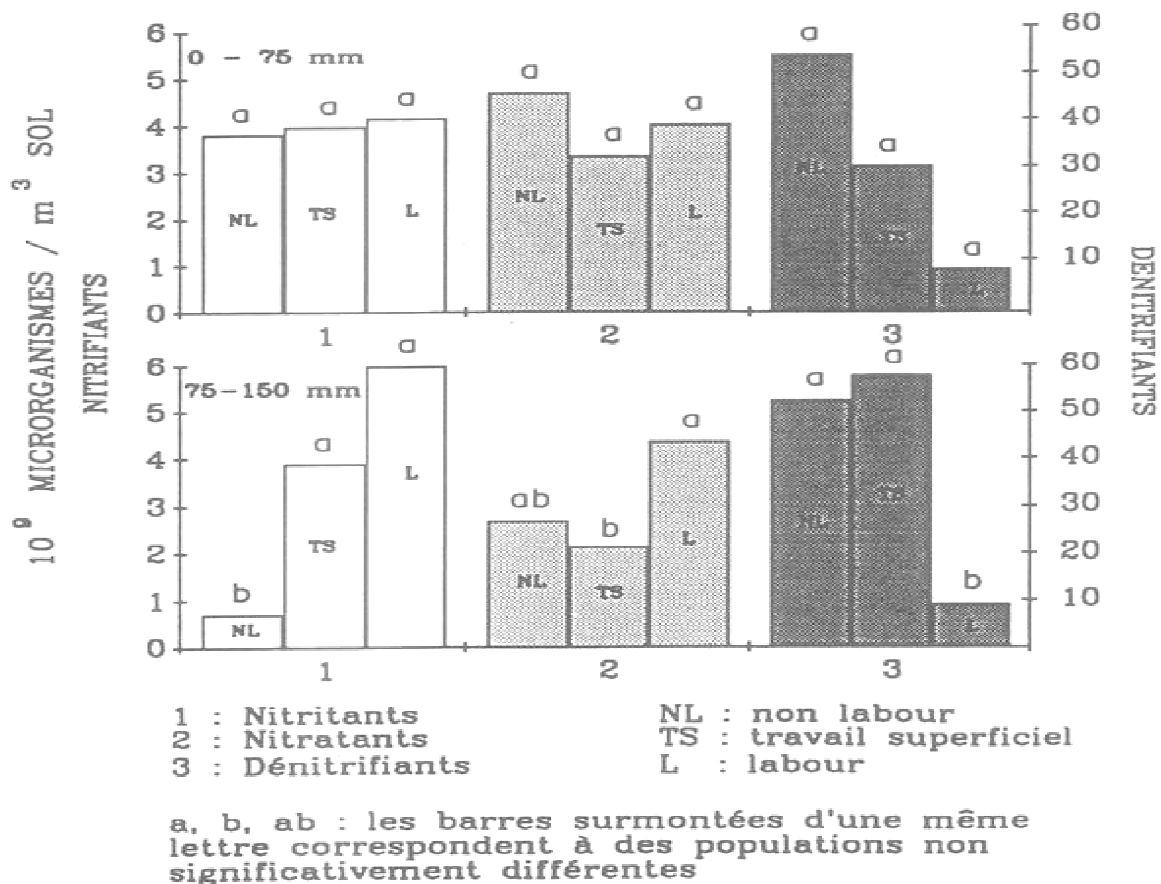


Grafico 11 Effetto della metodologia di lavorazione sui microrganismi nitrici (Germon et al., 1994).

Un ulteriore elemento di raffronto è dato dalla quantità di azoto potenzialmente mineralizzabile e perciò disponibile per le piante. Dalla tabella 4, Germon et al., 1994, risulta come la quantità mineralizzata sia superiore in terreni sottoposti a tecniche di lavorazione convenzionale rispetto alle tecniche di non lavorazione.

	Maïs continu	Rotation Blé-jachère
- Azote potentiellement minéralisable en système labouré	128-305 kg/ha	76-95 kg/ha
- Supplément d'azote minéralisable en système non labouré	20-101 kg/ha	20-32 kg/ha

Tabella 4 Effetto della metodica di lavorazione sulla quantità di azoto mineralizzabile (Germon et al., 1994).

Effetti sulla lisciviazione dell'azoto

L'utilizzo dell'azoto deve però tenere presente alcuni importanti effetti negativi che si possono creare all'ambiente. È opportuno ricordare, come lo ione nitrico (NO_3^-), avendo carica negativa, non riesce ad essere trattenuto dai colloidali del terreno e perciò possa essere facilmente trasportato negli strati profondi a seguito della percolazione dell'acqua. La scelta delle operazioni da eseguire sul terreno, deve contenere il più possibile tale fenomeno. Le lavorazioni, permettono modificazioni fisiche, chimiche e biologiche delle caratteristiche del terreno e instaurano così le condizioni per favorire la lisciviazione (Mazzoncini and Bonari, 1997), la nitrificazione, la denitrificazione, l'immobilizzazione e la mineralizzazione dell'azoto presente nel terreno (Katupitiya et al., 1997). Le tecniche conservative e soprattutto le tecniche di non lavorazione, lasciando inalterato il terreno, permettono alla fauna tellurica di creare un numero maggiore di biopori e aumentare la capacità di infiltrazione dell'acqua (Kranz and Kanwar, 2000). La capacità di infiltrazione, insieme a ruscellamento e lisciviazione è una delle modalità attraverso le quali l'azoto viene allontanato dal terreno. I risultati sull'efficacia delle tecniche conservative sulla perdita di tale elemento sono talvolta discordanti, infatti, Germon et al. 1994, afferma, come si vede dalla tabella 5 riferita all'anno 1981, che le tecniche conservative aumentino la quantità persa durante il ciclo colturale rispetto alle tecniche tradizionali. Per Germon et al., 1994 la causa di questo aumento, sembra sia dovuta alla maggiore capacità di

infiltrazione dell'acqua e alla lisciviazione dei fertilizzanti applicati in superficie, che trascinati all'interno della soluzione circolante vengono poi trasportati negli strati profondi. La seconda parte della tabella 5, riporta dati che affermano il contrario di quanto visto in precedenza; essi si riferiscono a dati rilevati da Kanwar et al, 1985. Lo studio condotto indica come le tecniche conservative riducano la quantità di azoto persa.

ANNO	LAVORAZIONE DEL SUOLO	PERDITA DI AZOTO NITRICO (Kg N/ha)			
		Acqua di ruscellamento	Circolazione ipodermica	Lisciviazione	Totale
1981	CT	2,5	0,8	17,5	20,8
	NT	9,8	2,7	15,5	28
1987	CT	0,3	2	32,5	34,8
	NT	0,4	0,7	27,5	28,6
1988	CT	0,3	0,4	17,9	18,6
	NT	0,5	0,3	11,3	12,1

Tabella 5 Effetto della metodica di lavorazione sulla quantità di azoto persa (Germon et al., 1994).

La spiegazione è riferita alla capacità che il terreno profondo trovato nell'Iowa (USA) sia in grado di distribuire in maniera più omogenea le sostanze azotate nell'acqua presente nella porosità del suolo, permettendo di ridurre la sensibilità ad essere asportate. Un ulteriore studio Bonari et al. 1995, condotto in un terreno argilloso con percentuale di argilla tra il 47 e il 49%, afferma come le tecniche conservative e maggiormente la non lavorazione, siano in grado di ridurre la perdita di azoto e il ruscellamento.

ANNO	SISTEMA DI LAVORAZIONE	RUSCELLAMENTO	TERRENO PERSO (t/ha)	AZOTO PERSO (Kg/ha)
1993	CT	110.6 a	31.5 a	44.5 a
	RT	168.8 a	35.5 a	59.9 a
	NT	40.0 b	2.9 b	6.6 b
1994	CT	78.3 a	24.3 a	53.4 a
	RT	98.2 a	20.4 a	68.9 a
	NT	74.2 b	3.2 b	30.5 b

Tabella 6 Effetto della metodica di lavorazione sulla quantità di terreno e azoto perso (Bonari et al. 1995).

Dalla tabella 6, si nota come la non lavorazione sia in grado di ridurre tale fenomeno del 64% rispetto alla tecnica convenzionale e del 76% rispetto alla minima lavorazione e che non vi sono statisticamente differenze fra minima e lavorazione convenzionale. Prendendo in esame, inoltre, l'anno 1994, vediamo come la non lavorazione affermi ancora la sua capacità di ridurre il ruscellamento in ragione del 5% rispetto alla tecnica convenzionale e del 25% rispetto alla minima lavorazione. Il valore elevato di ruscellamento riscontrato nella minima lavorazione è connesso con molta probabilità alla metodologia utilizzata per la lavorazione del terreno, infatti, in questo studio è stato utilizzato un erpice a dischi che incorpora un elevato quantitativo di residui nel terreno e lascia il livello sotto-superficiale relativamente compattato. Considerando la perdita di azoto la non lavorazione è in grado di ridurre mediamente tale valore del 60% rispetto al sistema convenzionale e del 50% rispetto alla minima lavorazione.

1.1.2 Lavorazione tradizionale

La tecnica dell'aratura del terreno affonda le proprie radici in tempi molto lontani e le prime connotazioni scientifiche risalgono all'epoca dei romani, ma anche nelle popolazioni antiche del medio oriente è possibile trovare riferimenti ad attrezzature ruderali per la lavorazione del suolo.

Precisazione d'obbligo è che le attrezzature usate per una semplice lavorazione del terreno erano simili a delle ancore più che ad un vero aratro per il rivoltamento degli strati. Solamente nel 1814 John Deere negli USA ha forgiato nella propria officina di fabbro il primo esemplare dell'aratro moderno e di pari passo Ridolfi nel 1824 realizzò l'aratro asimmetrico in Italia avvicinando la tecnica dell'aratura a quella applicata ai giorni nostri.

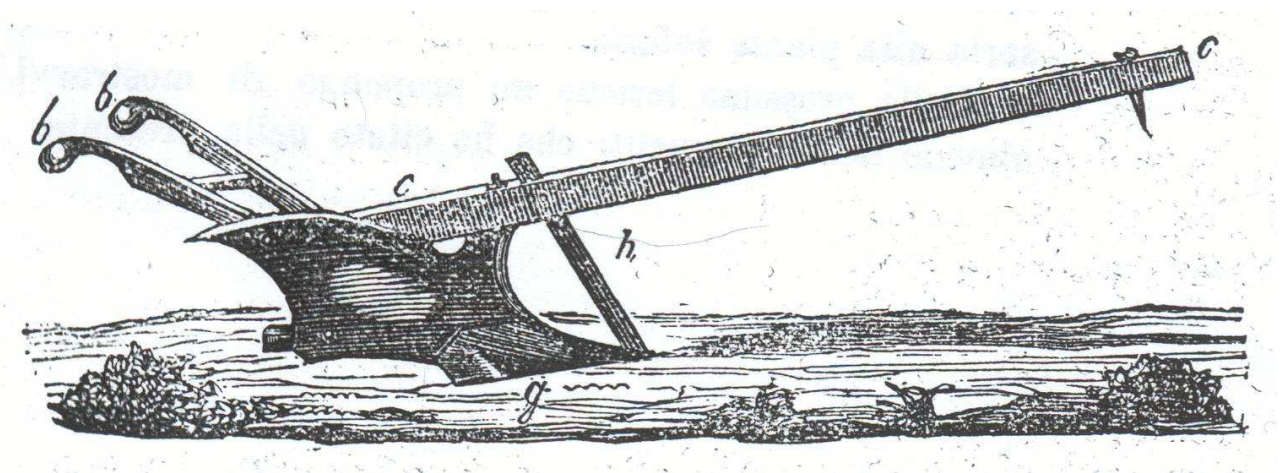


Figura 10: Aratro asimmetrico Ridolfi 1824

L'aratro è costituito da un telaio portante al quale è collegato un solo corpo lavorante, nei modelli più semplici, o più. L'organo di lavoro è costituito da 3 elementi fondamentali: il coltre, vomere e versoio. Questi elementi possono differire moltissimo a seconda della tipologia e dell'esigenza di lavoro. L'aratro può essere semplice se costituito da versoio solo "destri" che rovesciano la fetta di terreno sempre dalla medesima parte; oppure, doppi o reversibili se costituiti da versoio "destri" e "sinistri" che permettono di poter rovesciare il terreno sia da una parte che dall'altra (Sartori and Peruzzi, 1997).

Nei primi decenni del '900 ha iniziato a svilupparsi la motorizzazione in agricoltura la quale ha permesso di sostituire la trazione bovina impiegata fino a quel momento raggiungendo di conseguenza due obiettivi distinti a seconda della collocazione geografica.

In Europa lo sviluppo della meccanizzazione ha permesso in particolar modo in Italia di raggiungere profondità maggiori rispetto alla trazione bovina con l'impiego di aratri più grandi, mentre nel resto del continente si è puntato ad incrementare la capacità di lavoro aumentando il numero di corpi lavoranti (numero di versoio) e mantenendo costante la profondità di lavoro applicata con i sistemi precedenti.

L'evoluzione ulteriore introdotta negli ultimi vent'anni come già parzialmente accennato è stata la realizzazione di versoio a corpo fenestrato e l'interazione con le tecniche di agricoltura conservativa dove la riduzione della profondità di lavoro a meno di 20 cm permette di mantenere i residui colturali nello strato ossigenato del profilo del suolo garantendo il regolare svolgimento dei processi biochimici di degradazione e trasformazione dei residui vegetali per l'incorporazione nel processo di fertilità.

Successivamente è necessario intervenire con un attrezzatura in grado di ridurre le dimensioni delle zolle che si vengono a creare durante la fase di aratura, a tal scopo si impiega l'estirpatore, costituito da un telaio portante sul quale sono inserite 1-2 serie di bracci a profilo diritto o ricurvo. Questi portano nella parte finale degli elementi di diversa conformazione che permettono di realizzare un'azione di penetrazione nel terreno e allo stesso tempo di operare un'azione contro le infestanti che possono trovarsi sul profilo del terreno. I bracci possono essere di tipo rigido oppure elastico. La lavorazione si esegue a velocità abbastanza sostenuta in modo da avere anche un'azione di disgregazione sulle zolle superficiali. La profondità di lavoro può arrivare a 20-30 cm, raramente oltre. Non richiede forze di trazione particolarmente elevate, perciò si ricorre, con trattori di una certa potenza, ad estirpatori in grado di lavorare fasce abbastanza larghe, per aumentare la capacità di lavoro e ridurre il tempo impiegato per l'esecuzione della lavorazione.

In seguito il processo di preparazione del letto di semina si intensifica e comporta l'impiego attrezzature azionate dalla presa di potenza come la zappatrice, costituita da organi lavoranti conformati e inseriti in un rotore ad asse orizzontale. Il moto di rotazione viene impartito dalla presa di potenza che permette di far ruotare il rotore a velocità comprese tra i 100 e i 400 giri/min a seconda delle caratteristiche del terreno (Sartori and Peruzzi, 1997). Il lavoro effettuato permette un fine sminuzzamento del terreno con preparazione del letto di semina ottimale. Uno svantaggio è rappresentato dall'eccessiva formazione di terra fine che facilita il compattamento e la formazione di crosta superficiale (Giardini, 2002).



Figura 11: trattore con erpice rotante azionato dalla p.d.p.

Di pari funzionalità sono gli erpici rotanti, attrezzature costituite da una serie di rotori ad asse verticale che ruotano in senso alternativo al rotore vicino. Il moto di rotazione deriva dalla presa di potenza della trattore. L'organo di lavoro è costituito da una coppia di denti che possono assumere diversa forma a seconda della lavorazione da eseguire. L'utilizzo permette di ottenere un buon amminutamento e livellamento del terreno. Un

possibile svantaggio è legato all'eccessiva produzione di terra fine può provocare problemi di compattamento e di formazione di crosta. (Cera et al., 1997).

1.1.3 Minima lavorazione

Le tecniche di minima lavorazione, o Minimum Tillage (MT) hanno subito notevoli evoluzioni, in particolare negli ultimi dieci anni tramite l'introduzione di attrezzature nuove con concezioni agronomiche innovative consentendo una evoluzione secondo i principi dettati dall'agricoltura conservativa.

Palese dimostrazione ne è il panorama di attrezzature agricole commercializzate in Italia negli ultimi anni le quali sono l'evoluzione agronomica dei primi modelli commercializzati agli inizi degli anni '90 dove più che rispecchiare i principi della minima lavorazione tendevano a sostituire l'aratura cercando di ricreare nel terreno le medesime condizioni con discissure profonde 65 cm e perciò oltre i limiti previsti dall'aratura tradizionale la quale attestava la profondità di lavoro sui 50 cm.



Figura 12: Dissodatore ad ancore inclinate con esplosori laterali, combinato con erpice a dischi monofila per un parziale affinamento

Successivamente si è notato una variazione dei cantieri di lavoro i quali hanno previsto una lavorazione profonda (40 cm) ed una più superficiale destinata alla definizione del letto di semina.

Ulteriore evoluzione risulta essere quella attualmente applicata, l'uso di macchine combinate da più organi di lavoro che permettono di ottenere una lavorazione primaria del terreno e in contemporanea l'affinamento superficiale, o nei cantieri per cereali autunno-vernini la semina in contemporanea (Sartori e Benvenuti,2005) .



Figura 13: coltivatore combinato a dischi e ancore per minima lavorazione

Una costante della tecnica di minima lavorazione è la permanenza in superficie dei residui colturali parzialmente miscelati al terreno al fine di garantire una parziale copertura superficiale e limitarne di conseguenza in modo parziale l'erosione.

1.1.4 Semina diretta

Il termine semina diretta è stato coniato in Argentina ove questa tecnica viene applicata su oltre l'80% della SAU dell'intero paese da oltre un decennio coprendo oltre 20.000.000 di

ettari (INTA 2009) ed è sia per termine che per modalità operativa assimilabile al No Tillage (NT) il quale coniato nella parte nord del continente americano classifica la coltivazione delle colture senza intervenire con lavorazioni sul terreno.

Il procedimento colturale prevede la semina diretta nel terreno con presenza dei residui della coltura precedente e delle infestanti dissecate chimicamente i quali nel normale processo di degradazione apporteranno fertilità al suolo.

Particolare attenzione per l'applicazione di tale tecnica va dedicata alle seminatrici, le quali essendo le uniche macchine che intervengono nel suolo è di fondamentale importanza che svolgano un'operazione corretta limitando al minimo le perdite per mancata germinazione o fallanze, aspetto fondamentale per le colture monogerme, in quanto non possono essere recuperate.



Figura 14: seminatrice per semina diretta in azione su residui colturali di soia per la deposizione del seme di frumento

La gestione agronomica del terreno è uno dei punti critici in quanto eventuali danneggiamenti non possono essere risolti in tempi brevi a seguito dell'assenza di lavorazioni, lasciando la risoluzione ai normali processi biologici.

Fattore critico può risultare il compattamento del suolo dovuto al transito delle macchine agricole il quale origina un ambiente asfittico e limitante per l'espansione radicale in grado

di protrarsi per lunghi periodi e arrecando una contrazione delle produzioni. La soluzione a tale problema è identificata nella gestione del traffico controllato consentendo in tal modo di contenere i disturbi in aree limitate ove attuare opportune tecniche di contrasto.

Fattore importante e critico risulta essere il controllo delle infestanti le quali a seguito del cambiamento delle azioni di disturbo originate dalle lavorazioni del terreno danno seguito al cambiamento della flora infestante con conseguente obbligo di adeguamento delle linee di difesa. Il controllo delle infestanti va di conseguenza calibrato applicando rotazioni colturali opportune al fine di originare un controllo biologico della flora.

Azione diretta sul contrasto della erosione sia eolica che idrica del suolo è svolta dalla semina diretta a seguito della copertura permanente del suolo da parte della coltura in atto o dai suoi residui.

1.2 Gestione del residuo colturale

La gestione del residuo colturale è una materia di ricerca e indagine di recente introduzione e per la precisione da quando la semina diretta si è diffusa su ampia scala e da lungo periodo, in quanto il concetto di “coltivazione del residuo” non è ancora stato fissato ma è in fase di elaborazione una tecnica che permetta di gestire al meglio tale fonte di fertilità.



Figura 15: semina diretta di frumento su residuo colturale di frumento

Precisazione opportuna è che la coltivazione del residuo era stata accennata anche in tutti i testi nazionali di agronomia (Giardini 2000) ove si riportava che dopo la raccolta e prima dell'interramento del residuo colturale con l'aratura era opportuno procedere alla distribuzione di una dose di fertilizzante azotato per agevolare il processo di degradazione. Tale concetto approfondito in particolar modo da enti di ricerca stranieri (INTA e Aapresid) operanti in aree con larga diffusione della semina diretta hanno permesso di elaborare indagini sul processo di degradazione e sul ruolo assunto nella fertilità del suolo con relativa interazione con le colture.

Procedendo in sequenza temporale è possibile descrivere la necessità di effettuare una ottimale trinciatura e dove possibile sfibratura del residuo colturale al fine di accelerare il processo biologico di degradazione e trasformazione in frazioni umiche ai fini di incentivare la fertilità del suolo.

Analizzando nel dettaglio le colture applicate è possibile identificare un processo ottimale per il frumento ove la trinciatura fine della paglia residua permette di aumentarne la superficie di contatto e di velocizzarne il processo, medesima condizione è riscontrabile per la soia; il mais oltre alla trinciatura già descritta per frumento e soia richiede una sfibratura longitudinale praticata dalle moderne testate di raccolta la quale permette di frantumare e creare lesioni sulla cuticola dello stocco originando numerosi punti di contatto e accelerandone il processo.

Tale processo è stato ideato a seguito di un lavoro di monitoraggio quadriennale attuato (Aapresid 2009) che ha permesso di valutare la velocità di degradazione su terreni a regime di semina diretta ove è stato identificato il processo di degradazione dimostrando che la soia risulta essere la coltura che nell'arco dell'annata successiva alla coltivazione risulta essere completamente degradata, il frumento impiega due annate, mentre il mais dopo quattro anni di osservazioni si presenta ancora in fase di decomposizione comportando la presenza di residui in superficie.

A seguito di tali osservazioni è possibile pianificare un processo di gestione del residuo molto simile ad una coltivazione del residuo, in quanto è necessario pianificare concimazioni e interventi al fine di agevolare l'attività dei processi biochimici.

A tal fine è stato necessario approfondire le conoscenze della costituente organica del terreno in modo tale da permettere l'interpretazione dei risultati derivanti dai naturali processi che avvengono.

Particolare attenzione è stata posta sulla dotazione di sostanza organica e sulla tipologia di componenti presenti nel terreno.

La sostanza organica del suolo è costituita da residui vegetali, dalle biomasse microbiche e animali, dalle sostanze umiche ed è in grado di influenzare e migliorare i parametri della fertilità.

Il contenuto di sostanza organica è regolato da due processi: umificazione e mineralizzazione.

Il processo di umificazione, consiste nella formazione di molecole ad elevato peso molecolare, tramite processi di re-sintesi e neo-genesi a partire dalle molecole che compongono i residui animali e vegetali che raggiungono il suolo. Molte teorie sono state formulate per chiarire i processi biochimici che portano alla formazione delle sostanze umiche del suolo.

Per molti anni si è pensato che le sostanze derivassero dalla lignina; ovvero che la lignina, non completamente degradata dai microrganismi, costituisca la parte fondamentale dei composti umici presenti nel suolo.

Molteplici teorie riguardanti la genesi delle molecole umiche concordano in linea generale sulla struttura del composto umico: una macromolecola con una parte centrale o “matrice”, costituita da unità iso ed eterocicliche a cinque o sei atomi di carbonio; alla quale sono poi fissati catene alifatiche, proteiche e polipeptidiche.

La frequenza di distribuzione dei vari gruppi amminici terminali varia in funzione del tipo di suolo e di substrato organico originario.

Opposto al processo di umificazione vi è quello di mineralizzazione. Questo ultimo, attraverso la decomposizione microbica, demolisce le molecole complesse e le trasforma in molecole inorganiche semplici. “La velocità di degradazione dipende dalle condizioni ambientali e dalla stabilità strutturale dei costituenti dei substrati organici”. Un parametro che indica la tendenza alla mineralizzazione è il rapporto carbonio-azoto del suolo.

Questo valore risulta inversamente proporzionale alla percentuale di azoto; quindi saranno maggiormente suscettibili alla degradazione quei composti che hanno un rapporto C/N basso. Una soglia limite di questo rapporto è il valore 30: se il rapporto tra carbonio e azoto è superiore a questo valore i microrganismi presenti nel suolo non riescono a degradare la sostanza organica, invece a valori inferiori a 30 la microflora e la microfauna sono capaci di degradare la sostanza organica presente nel terreno. Essendo anche le sostanze umiche delle macromolecole organiche, col tempo saranno demolite dai microrganismi, ma a differenza della sostanza organica residuale della coltura, le sostanze umiche hanno un rapporto di C/N quasi costante e quindi la loro degradazione proseguirà lentamente.

I composti umici del suolo hanno un effetto diretto sulla fertilità, mettendo a disposizione della nutrizione delle piante gli elementi nutritivi in essa contenuti tramite i processi di mineralizzazione.

Le sostanze umiche chelano gli elementi nutritivi aumentando la disponibilità dei macro e micronutrienti, diminuendo anche le perdite per lisciviazione.

La sostanza organica del suolo, soprattutto la componente umica, è in grado di legare i componenti minerali del suolo formando complessi organo-minerali in grado di migliorare le proprietà fisiche dei suoli.

Il continuo utilizzo dei concimi chimici, senza mai una integrazione di letamazioni o concimi organici capaci di stimolare i processi di umificazione, ha portato, con il passare degli anni, a un progressivo impoverimento del contenuto di sostanza organica presente nel suolo. Questi fenomeni si sono verificati con maggiore intensità nei terreni trattati con agricoltura intensiva e sottoposti a intense lavorazioni. La diminuzione dei composti umici ed organici dei suoli ha comportato un calo della fertilità.

La quantità della sostanza organica non è stabile: generalmente negli orizzonti organici – eluviali va dal 3% all'8%, per ridursi all'1% negli orizzonti illuviali, poiché sottoposta a continui processi di trasformazione quali la mineralizzazione, l'umificazione, i processi dinamici della sostanza organica solubile e la stabilizzazione della stessa per interazione con la componente minerale.

1.3 Composti catalizzatori degradazione residui

La gestione del residuo ha orientato alcuni ricercatori e produttori ad orientarsi verso l'incentivazione dei processi biochimici ricercando all'interno dei complessi microbici le specie di maggior azione riproducendoli in modo industriale e distribuendoli in campo sui residui.

Tra i prodotti commerciali distribuiti in Italia vi è lo Xurian, un prodotto a base di *Pseudomonas Putida* commercializzato come concime a base di Fe e Zn che fungono da supporto per lo sviluppo iniziale.

Secondo quanto riportato in note tecniche e bibliografia il *Pseudomonas putida* è un rizobatterio utile nel controllo biologico e la crescita vegetale, riconosciuto come agente di controllo biologico.



Figura 16: prodotto commerciale impiegato nelle prove e denominato Xurian

Nel 1978 TJ Burr ha segnalato che dei ceppi di *Pseudomonas putida* applicati su patate da semina aumentavano la vigoria vegetativa e la resa. Questi risultati sono stati confermati ed estesi a barbabietola e ravanella. Nel 1982, Scroth e Hancock hanno verificato che lo *Pseudomonas Putida* aumenta la resa della patata dal 5 al 33%, quella della bietola da 4 a 8 tonnellate per ettaro e il peso delle radici di ravanella dal 60 al 144%. Questi ceppi di batteri presenti nella rizosfera sono denominati PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) e sono in grado di favorire la crescita vegetale.

I PGPR aumentano la crescita vegetale e colonizzano l'apparato radicale, prendendo il posto o eliminando i micro-organismi nocivi.

I batteri PGPR che hanno capacità di controllo biologico rappresentano, al massimo, il 10% della popolazione totale della rizosfera.

Pseudomonas putida ha la capacità di colonizzare le radici, con un massimo di concentrazione sulle estremità dei peli radicali.

La stabilità e la vita dei batteri, sono legate alle condizioni del suolo:

- la temperatura
- il pH
- l'umidità
- il contenuto e la natura delle argille

Pseudomonas putida contrasta e sopprime la maggior parte degli agenti patogeni ed in particolare il *Fusarium*, il Mal del piede, il *Pythium* responsabile della moria delle piantine (in semenzaio), l'*Alternaria alternata*, la *Rizoctonia solani*, comunemente definite malattie delle radici

Tra le ipotesi fatte fino ad ora sono tre i meccanismi d'azione che possono coesistere e che sarebbero responsabili del controllo biologico di *Pseudomonas putida* nei confronti dei batteri patogeni della rizosfera.

1. Competizione per gli elementi nutritivi

I nutrienti forniti dalle radici, sarebbero più rapidamente e quantitativamente trasferiti dallo *Pseudomonas*, riducendo così la quantità di Carbonio e Azoto disponibili per le spore dei funghi patogeni.

2. Azione degli Siderofori

I Siderofori sono delle molecole a basso peso molecolare prodotti dai microrganismi.

Sono agenti di chelazione dello ione Fe^{3+} che permette il trasporto nelle cellule batteriche del Ferro necessario per vivere e svilupparsi.

Kloepper è stato il primo a dimostrare l'importanza della produzione di Siderofori come meccanismo di controllo biologico esercitato da *Pseudomonas putida*. Il loro ruolo è stato dimostrato nella soppressione di alcune Fusariosi.

I Siderofori prodotti dai PGPR chelando le riserve di Ferro della rizosfera, che sono limitate, le sottraggono ai germi patogeni e ne sopprimono lo sviluppo.

3. Antibiotici

Pseudomonas putida e i PGPR producono degli antibiotici che giocano un ruolo nella soppressione delle malattie.

Pseudomonas, ad esempio, produce delle Fenazine che sopprimono il mal del piede dei cereali.

Gli effetti sulla struttura del terreno considerano la massa microbica, la quale può rappresentare fino a sette tonnellate in un terreno ricco, e in generale da due a tre tonnellate nei casi medi.

I batteri producono dei polisaccaridi che formano dei gel, i quali sono agenti di aggregazione, ed in tal caso si parla di pedoplasmazione.

Tali agenti sono dei colloidali lineari che aumentano la coesione del terreno ed il *Pseudomonas putida* produce dell'acido 2-Cetogluconico che è un complessante attivo, il quale permette di raggiungere:

- Aerazione e migliore circolazione dell'acqua e delle soluzioni;

- Migliore ritenzione idrica (i gel microbici trattengono acqua fino a cento volte il loro peso;
- Condizioni favorevoli alla vita biologica;

2 MATERIALI E METODI

2.1 Sito di prova

L'azienda pilota dimostrativa SASSE-RAMI di Veneto Agricoltura è una delle aziende dell'azienda della Regione Veneto per il settore agroalimentare, dedicata all'attività di ricerca in agricoltura e diffusione delle conoscenze scientifiche agli operatori del settore. La locazione aziendale rientra nel territorio del Polesine, zona riconosciuta sin dall'epoca del dominio della Serenissima come area compresa tra il Po e l'Adige, originata dalle confluenze di entrambi i fiumi i quali a seguito delle periodiche esondazioni e ristagni idrici. La collocazione geografica rientra per la precisione nell'area centrale con un'altimetria idrografica di + 2.00 m s.l.m. asservita dal consorzio di bonifica Po-Adige per il prelievo delle acque in eccesso e per l'immissione nella rete idrica dell'acqua per l'irrigazione nel periodo estivo; tale ente anche se recentemente riformato dalla Regione Veneto è di istituzione molto antica presente già all'epoca della Serenissima ove ha operato per la bonifica radicale di questi terreni realizzando opere di canalizzazione ancora presenti e arginatura per il contenimento dei flussi idrici.



Figura 17: Corpo aziendale Sasse-Rami evidenziato dal bordo giallo.

L'origine dei suoli è di conseguenza attribuibile all'effetto alluvionale, il quale caratterizza i terreni per una estrema variabilità ed una tessitura prevalentemente fine e con caratteristiche chimico-fisiche che rispecchiano quelle della roccia madre.

L'azienda ha una superficie complessiva di 196 Ha coltivati a colture cerealicole per la maggior parte della superficie, una porzione è dedicata ad un frutteto sperimentale per la conservazione delle specie e la loro propagazione. Inoltre le strutture di allevamento aziendali sono dedicate al progetto COVA il quale ha lo scopo di conservare le specie avicole di origine locale e di garantirne la sopravvivenza in quanto non ritenute di interesse per le attività produttive di allevamento. Parte delle stalle e alcuni appezzamenti limitrofi sono stati dedicati all'allevamento biologico del suino al fine di validare una tecnica di allevamento estensiva con minor impatto ambientale.

I fabbricati realizzati per l'allevamento zootecnico erano inizialmente destinati all'ingrasso di bovini da ristallo di origine francese, ma che a seguito della crisi che ha coinvolto il settore negli'anni 200-2001 ha comportato la dismissione dell'attività e lo stravolgimento della pianificazione aziendale, incentrata in origine sull'indirizzo zootecnico e di conseguenza gran parte delle produzioni agricole aziendali erano destinate all'alimentazione bovina. Facile intuire che gran parte della superficie aziendale fosse destinata a mais per uso zootecnico e quindi con trinciatura allo stadio ceroso.

Il riordino aziendale prevede la coltivazione estensiva principalmente di mais, frumento, soia e di recente introduzione il colza, tutti coltivati con le tre tecniche di lavorazione del suolo attualmente disponibili, ossia la lavorazione tradizionale, la minima lavorazione e la semina su sodo. Quest'ultima tecnica è stata attuata su il 25% della sua aziendale a seguito dell'adesione alla misura 214i del PSR da parte dell'azienda.

Il processo colturale generalmente attuato prevede lo svolgimento delle operazioni colturali con i mezzi aziendali ad eccezione della semina diretta e della trebbiatura eseguite con mezzi di terzi a seguito di scelte economiche.

L'area aziendale destinata alle prove oggetto della tesi si colloca nel quadrante nord-est su appezzamenti simili per caratteristiche e conformazione come già riportato in precedenza.

Lo schema di prova è stato pianificato in modo tale da intervallare tra loro le tre tecniche adottate ed evitare eventuali fenomeni alterativi dei risultati a seguito di fenomeni del terreno non conosciuti o di eventi casuali contigui.



Figura 18: Gli appezzamenti oggetto della prova sono evidenziati dal contorno rosso e si trovano nella parte nord-est dell'azienda.

L'analisi tipo dei campioni di terreno eseguite in laboratorio allo stato zero, ossia prima dell'inizio della sperimentazione, è di primaria importanza poiché è l'unico in grado di permettere una corretta identificazione del suolo e di porre in risalto eventuali anomalie che potrebbero portare ad errori nella gestione colturale.

L'analisi tipo eseguita ha riportato i seguenti risultati:

TIPOLOGIA DI ANALISI	UNITA' DI MISURA	VALORI
SABBIA	%	6
LIMO	%	60
ARGILLA	%	34
RAZIONE Ph in acqua		8,20
CSC	cmol/Kg	10,95
SOSTANZA ORGANICA	%	2,84
AZOTO TOTALE	% ₀	1,89
FOSFORO	ppm	268
POTASSIO	ppm	122

Sulla base dei risultati ottenuti con l'analisi tipo è possibile affermare che ci troviamo di fronte ad un terreno franco-argilloso a reazione alcalina con una buona dotazione in sostanza organica ed un altrettanto buon livello di azoto totale.

La dotazione in fosforo assimilabile è molto buona, mentre i valori della capacità di scambio cationico risultano considerevolmente bassi ad indicare che il complesso di metalli alcalino-terrosi, deficiente per quantità e quindi non è in grado di garantire l'ottimale livello di scambio necessario per un buon funzionamento del sistema terreno – pianta. Una prima risposta a questa parziale insufficienza può essere data valutando il dato del potassio scambiabile il quale mostra una dotazione scarsa che comporta di conseguenza anche un abbassamento della capacità di scambio cationico. Tuttavia si deve però considerare che il potassio non è l'unico elemento a comporre il complesso di scambio cationico, infatti per una appurata e approfondita analisi bisognerebbe conoscere la disponibilità nel suolo di magnesio, calcio e sodio.

In sintesi è possibile affermare che il terreno in oggetto ha delle caratteristiche mediamente discrete, senza particolari problematiche.

2.2 Tecniche agronomiche adottate

La primaria tecnica agronomica adottata è stata l'applicazione di una rotazione colturale idonea a permettere la turnazione del residuo colturale al fine di favorirne la gestione e il controllo degli attacchi parassitari al contempo una gestione sostenibile delle infestanti.

A tal scopo sono state redatte delle piantine schematizzate degli appezzamenti coinvolti nella sperimentazione al fine di rendere di facile applicazione anche agli operatori di campo le scelte agronomiche.

Gli appezzamenti impiegati nella sperimentazione sono classificati con numeri che vanno dal 72 all'83 posti in serie e quindi attigui e rispecchiano entro certi limiti una omogeneità di conformazione e caratteristiche chimico fisiche.

La rotazione attuata ha permesso di intervallare le tre colture Frumento, Mais, Soia evitando la monosuccessione, assumendo come riferimento la coltura del frumento la quale ogni anno impiegava 2 appezzamenti per singola tecnica di lavorazione del terreno, in cui nell'anno successivo veniva messa a dimora una coltura tra il mais e la soia a seconda della precessione di due annate precedenti.

5°

2009 - 2010

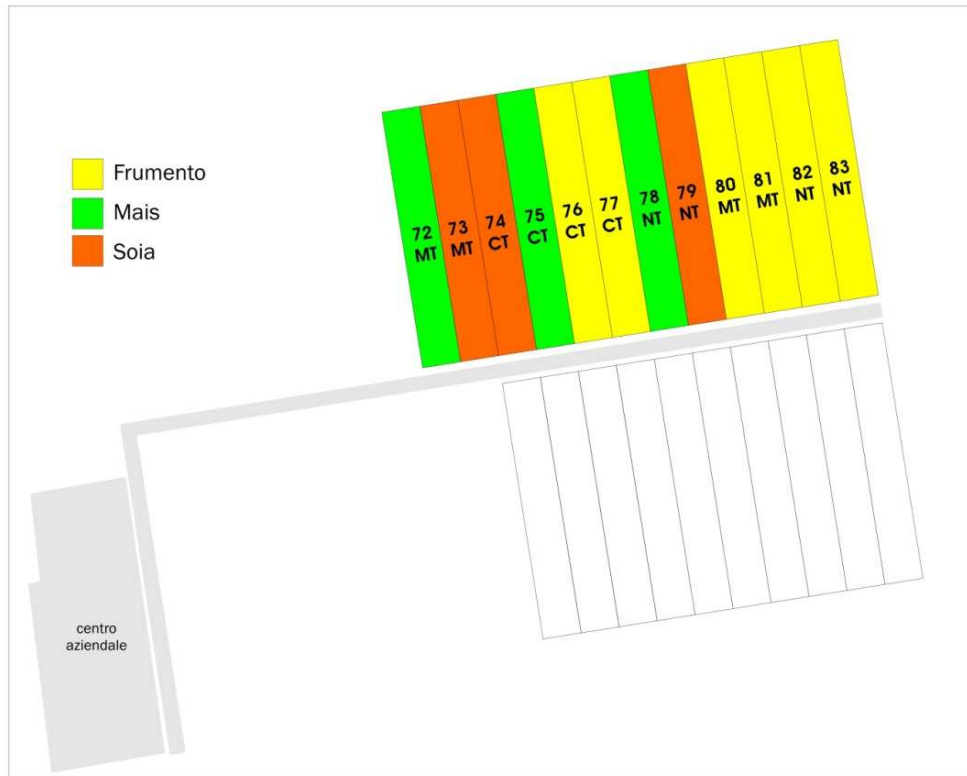


Figura 19: Rotazione culturale applicata nell'annata 2009/2010

6°

2010 - 2011

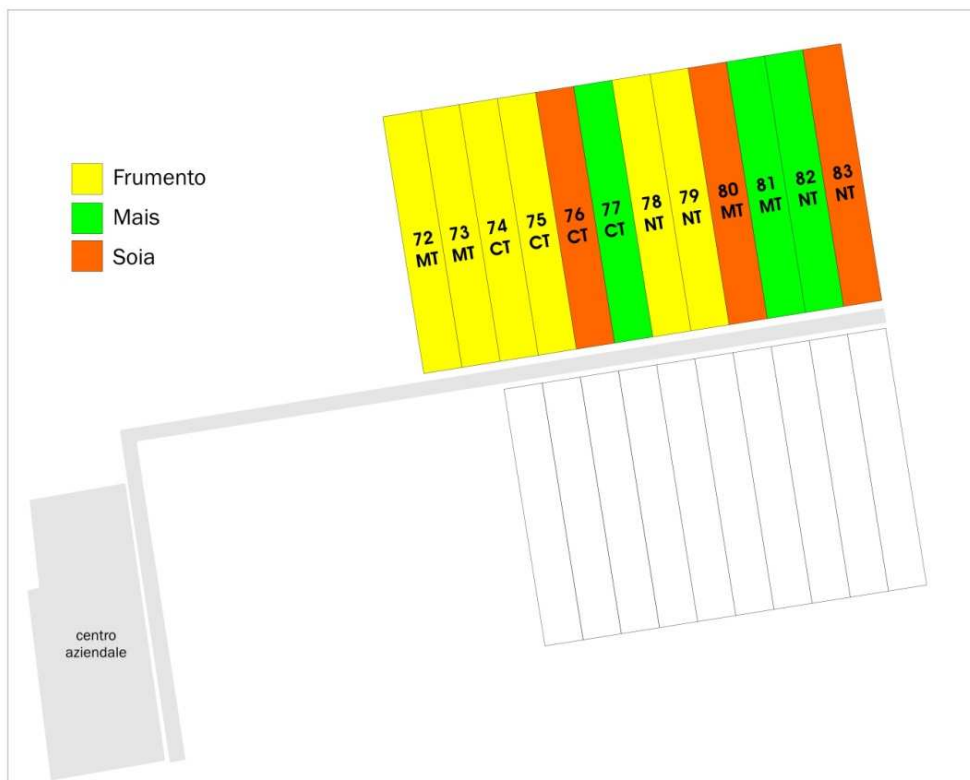


Figura 20: Rotazione culturale applicata nell'annata 201/2011

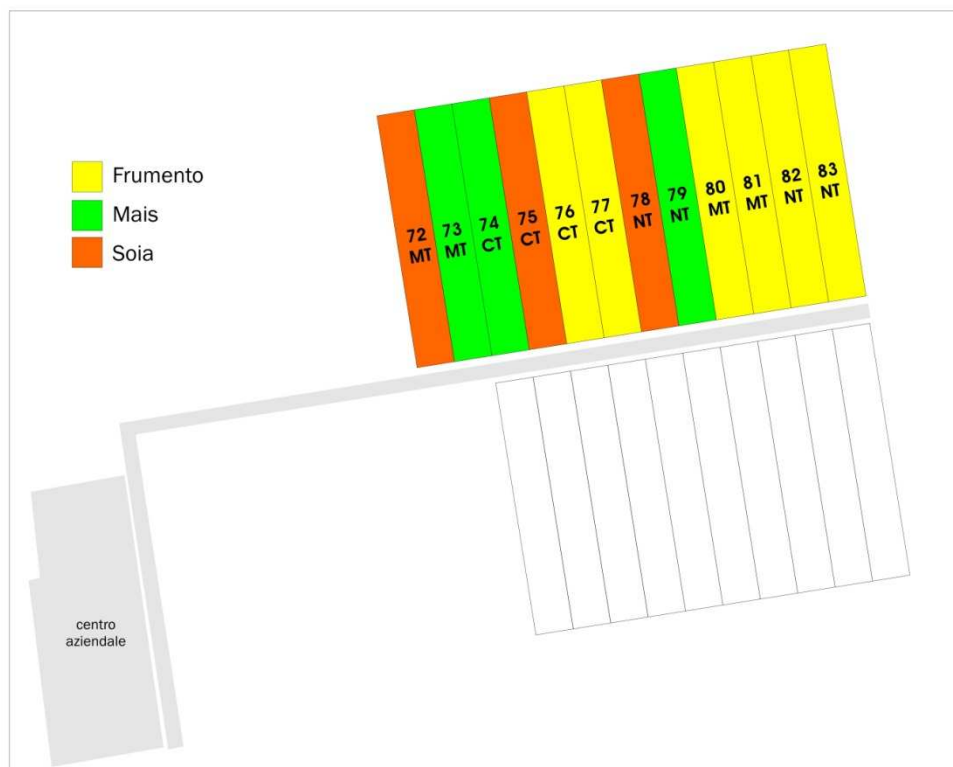


Figura 21: Rotazione culturale applicata nell'annata 2011/2012

2.3 Analisi chimica del suolo

La valutazione degli effetti delle lavorazioni del suolo sulle produzioni agricole e sull'ambiente svolta in diverse parti del mondo non ha mai permesso di adottare una metodologia univoca, a causa delle diverse condizioni ambientali e dei contesti in cui si opera.

Per elaborare una metodologia valida e idonea all'ambiente in cui si è operato si è deciso dopo un'opportuna analisi bibliografica internazionale di operare su più fronti evitando di conseguenza di assumere per validi dati che potrebbero aver avuto un'invalidazione da cause ambientali non controllabili e fortemente influenti.

L'ottimizzazione dell'attività di ricerca si è ottenuta suddividendo la tematica in due sezioni, ossia le lavorazioni del terreno e l'analisi dei residui colturali.

La sezione attinente alle lavorazioni del terreno ha previsto un'indagine sul profilo del terreno e sulle sue caratteristiche chimico-fisiche con particolare attenzione alla suddivisione delle frazioni umiche, la densità apparente, la resistenza alla penetrazione, la capacità di infiltrazione, la ritenzione idrica, l'umidità, l'emergenza delle colture e l'investimento finale, le rese colturali.

Le caratteristiche chimiche-fisiche sono state analizzate in laboratorio con metodologie ufficiali come previste dalla normativa vigente e per la precisione come pubblicato nel Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n° 248 del 21 ottobre 1999, e riportato nel testo Metodi di analisi chimica del suolo coordinato da Pietro Violante e commissionato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali - Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del suolo, il quale ha unificato a livello nazionale la metodologia e tipologia di analisi per il suolo conformandosi a quanto già adottato a livello comunitario.

In campo si è proceduto al prelievo di campioni di terreno da destinare al laboratorio tramite carotaggio con trivella a diverse profondità e per la precisione con intervallo 0-5 cm per l'analisi dello strato superficiale e 5-20 cm con la medesima modalità per la determinazione dei valori negli strati maggiormente interessati dalle radici. I campioni prelevati venivano insacchettati e classificati con etichetta identificativa e successivamente posti in congelatore a -18°C per conservare inalterate le caratteristiche fino alla fase di analisi in laboratorio.

Gli aspetti analizzati in laboratorio hanno preso in considerazione la tipica analisi tipo che prevede la determinazione della tessitura, della sostanza organica con evidenziazione delle frazioni umiche e fulviche, l'azoto totale, il fosforo disponibile, e il potassio scambiabile.



Figura 22: campioni di terreno analizzati in laboratorio

La tessitura del suolo è stata ottenuta con il metodo II.6 Determinazione della granulometria per setacciatura ad umido e con l'impiego dell'idrometro, il quale ha permesso di ottenere la classificazione secondo la normativa ISSS in sabbia grossolana, sabbia fine, limo e argilla.

Lo scambio cationico tra i cationi presenti sulle superfici degli scambiatori del suolo e lo ione ammonio della soluzione scambiante di ammonio acetato viene effettuato prima per agitazione e successivamente per lisciviazione. L'eccesso della soluzione di ammonio acetato viene eliminato con ripetuti lavaggi con etanolo. Successivamente, si procede alla determinazione dell'ammonio adsorbito per distillazione secondo Kjeldahl, operando direttamente sul campione o su un'aliquota della soluzione ottenuta lisciviando il NH_4 suolo con una soluzione di sodio cloruro.

L'attenzione si è concentrata principalmente sul procedimento di determinazione della sostanza organica tramite metodo Walkley-Black meglio definito come processo di ossidazione del carbonio organico da cui tramite l'indice di conversione di 1,72 è possibile ricavare il valore di sostanza organica.

Il processo si basa sull'ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica con soluzione di potassio bicromato e in presenza di acido solforico. Dopo la reazione si determina la quantità di potassio bicromato che non ha reagito portando di conseguenza alla determinazione del contenuto all'interno del terreno.

Oltre alla semplice determinazione del contenuto di carbonio organico si è provveduto a differenziare il frazionamento del carbonio organico secondo quanto previsto dal Metodo VIII.

La determinazione è stata eseguita perché le sostanze umiche costituiscono non soltanto la frazione più stabile della sostanza organica del suolo ma anche una delle più importanti per quanto riguarda gli effetti diretti e indiretti sulla disponibilità dei nutrienti e sulla organizzazione della struttura.

E' noto che le sostanze umiche per l'elevato contenuto strutturale di gruppi funzionali con carica negativa sono le componenti che conferiscono alla sostanza organica elevatissima capacità di scambio cationico. Esse, pertanto contribuiscono in maniera sostanziale a definire la capacità di scambio cationico del suolo, tanto più quanto questo è povero in minerali argillosi e caratterizzato da tessitura grossolana. Le sostanze umiche, inoltre, svolgono un ruolo fondamentale nel mantenere in forma disponibile per l'assorbimento da parte delle piante quei micronutrienti che, come il Ferro, presentano scarsa solubilità a pH neutro. Nei suoli acidi, in cui la maggior solubilità dei metalli pesanti potrebbe indurre più

facilmente fenomeni di tossicità, le sostanze umiche contribuiscono a diminuire la concentrazione del metallo presente in fase liquida, tamponando, talvolta efficacemente, gli effetti della contaminazione.

Alcune sostanze umiche, gli acidi umici e gli acidi fulvici specificatamente, possono essere estratti dal suolo con diversi estraenti, tra i quali uno dei più efficaci, in un gran numero di situazioni, è costituito da una soluzione alcalina di idrossido pirofosfato e di sodio idrossido.

I risultati analitici ottenuti, utilizzati per il calcolo dei parametri dell'umificazione, consentono di avere informazioni sulla stabilità e sulla dinamica della sostanza organica.

L'indice di umificazione è dato dal rapporto dal contenuto di carbonio organico non umico nell'estratto in pirofosfato alcalino. Nel suolo, il valore dell'indice di umificazione risulta tanto minore quanto più i processi di umificazione hanno prevalso su quelli di mineralizzazione. Infatti esso è relativamente elevato nei suoli sottoposti a monocoltura, oscilla di norma intorno a 0,4 nei suoli sotto prato permanente o bosco, varia da 0,2 a 0,3 nelle torbe e risulta prossimo a zero in depositi organici fossili quali le Leonarditi. L'indice di umificazione è un parametro essenzialmente qualitativo, caratterizzato, per le modalità di calcolo, da notevole variabilità.

Il grado di umificazione risulta dal rapporto tra il contenuto di carbonio umico e quello di carbonio organico totale estratto. È un parametro qualitativo - quantitativo direttamente correlato alla qualità delle sostanze umiche estratte.

Il tasso di umificazione invece deriva dal rapporto tra la quantità di carbonio umico e quella del carbonio organico totale presente nel suolo. Questo parametro quantitativo, estremamente importante per la valutazione del grado di stabilizzazione della sostanza organica nei concimi e negli ammendanti organici, ha un significato più sfumato nel caso venga applicato al suolo, dove una parte delle sostanze umiche si trova sotto forma di umina, frazione non estraibile.

Il processo di analisi si basa sulla solubilizzazione delle sostanze umiche tramite una soluzione alcalina la quale provoca la dissociazione dei gruppi funzionali, in seguito tramite cromatografia si ottiene la quantificazione delle due frazioni.

La determinazione dell'azoto totale, risulta obbligatoria per l'importanza che ricopre tale elemento nella produzione delle colture.

L'azoto è presente nel suolo in varie forme. Di queste, quella nitrica, generalmente libera nella fase liquida, e quella ammoniacale, limitatamente alla frazione adsorbita sul complesso di scambio, in equilibrio con una limitatissima quantità che si accerta in

soluzione, sono prontamente assimilabili dalle piante. Le riserve azotate sono costituite dall'azoto organico e dall'azoto ammoniacale fissato negli spazi interstrato dei fillosilicati. L'interesse che hanno i metodi analitici per la determinazione delle diverse forme di azoto nel suolo deriva da tre ordini di motivi.

- 1) L'azoto, nutriente fondamentale per la crescita e lo sviluppo delle piante, è l'elemento base della concimazione delle colture.
- 2) L'azoto è stato individuato quale principale imputato del degrado ambientale, in modo particolare di quello delle acque.
- 3) Non sono ancora completamente note tutte le relazioni che nel suolo legano tra loro i diversi pool azotati.

Il contenuto in azoto totale viene determinato tramite il metodo Kjendahl il quale prevede una mineralizzazione con acido solforico concentrato e per rendere completa la trasformazione dell'azoto organico in azoto minerale, si utilizza come ulteriore ossidante l'idrogeno perossido.

Successivamente l'azoto ammoniacale viene distillato in ambiente alcalino e assorbito in soluzione a titolo noto di acido solforico. L'eccesso di acido solforico viene titolato con soluzione a titolo noto di sodio idrossido.

Il fosforo è presente nel suolo quasi esclusivamente come ortofosfato in forma inorganica o organica. Nelle forme inorganiche gli ioni idrogeno dell'acido ortofosforico possono essere totalmente o parzialmente sostituiti da cationi metallici mentre nelle forme organiche sono presenti uno o più legami di tipo estere. Il contenuto totale di fosforo nel suolo è relativamente basso. Almeno in parte, è strettamente dipendente dalle quantità presenti nella roccia madre. In genere, i suoli contengono meno fosforo della roccia dalla quale derivano con differenza tra orizzonti superficiali, più ricchi in P, e sub superficiali.

Il fosforo in forma organica può essere presente nella soluzione del suolo, adsorbito sulle superfici degli ossidi di ferro e alluminio e dei minerali argillosi o presente nei minerali primari e secondari.

La crescita della pianta dipende, nel caso del fosforo come degli altri nutrienti, da quanto questi vengano assunti in quantità e con ritmo adeguati. Il P è presente, in generale, in concentrazioni molto basse nella soluzione del suolo e di conseguenza, durante il periodo vegetativo, questa deve essere rifornita più volte dalla fase solida. Basso è, inoltre, la mobilità del fosforo nel suolo a causa sia della scarsa solubilità dei composti che lo contengono sia dell'elevata capacità di fissarlo che caratterizza molti minerali presenti nella pedosfera.

Dal punto di vista della nutrizione vegetale, i fosfati del suolo possono essere suddivisi, quindi in tre frazioni in equilibrio tra loro:

- Fosfati presenti in fase liquida
- Fosfati in forma labile
- Fosfati in forma non labile

La quantità dei fosfati in forma labile, la concentrazione dei fosfati in fase liquida e la capacità tampone del suolo, che regola la distribuzione del fosforo tra la fase solida e la soluzione, sono i principali fattori in grado di definire la disponibilità di questo nutriente per i vegetali. Molti degli estraenti utilizzati per determinare il fosforo assimilabile dai vegetali tentano di simulare il comportamento delle radici.

Il largo impiego di fertilizzanti fosfatici ha provocato un aumento della dotazione fosfatica di molti suoli, rendendo sempre più necessaria la messa a punto di metodi in grado di stimare il possibile trasferimento di fosforo dai suoli coltivati alle acque superficiali. Questi metodi si basano sulla valutazione della saturazione fosfatica del complesso adsorbente o della residua capacità tampone del suolo nei confronti del P.

La determinazione del fosforo assimilabile viene eseguita con il metodo Olsen il quale prevede che la soluzione estraente di ioni carbonato e ossidrile abbassa l'attività di Ca e di Al con conseguente incremento della solubilità del fosforo.

Nei suoli calcarei, l'aumentata solubilità del calcio fosfato deriva dalla diminuzione della concentrazione del calcio dovuta all'elevata presenza di ioni carbonato ed alla conseguente precipitazione di CaCO_3 .

Nei suoli acidi e neutri, la solubilità dei fosfati di alluminio e di ferro viene incrementata dall'aumento della concentrazione degli ioni ossidrile che induce la diminuzione della concentrazione di Al con formazione di ioni alluminato, e di Fe con precipitazione di ossidi. Deve essere tenuto presente, altresì, che, a pH elevato, l'aumento delle cariche negative e/o la diminuzione dei siti di adsorbimento sulle superfici degli ossidi di alluminio e di ferro può portare al desorbimento del fosforo fissato.

Il contenuto di fosforo viene determinato per spettrofotometria con il metodo dell'acido ascorbico.

Il potassio, uno degli elementi principali della fertilità, è presente nel suolo in quattro pool in equilibrio tra loro: potassio solubile, scambiabile, non scambiabile e minerale.

Il K scambiabile, ovvero la frazione disponibile per le piante, si trova principalmente trattenuto dalle cariche negative dei minerali argillosi, e subordinatamente, dai siti di scambio della sostanza organica.

L'utilizzazione di questo elemento da parte delle piante, è influenzata dalla presenza di altri ioni del complesso di scambio, di cui K fa parte insieme a Ca, Mg, Na, Al e H.

Il potere di fissazione del potassio da parte del suolo rappresenta un parametro agronomico fondamentale soprattutto per la definizione dei piani di fertilizzazione che prevedono la somministrazione di concimi potassici.

L'equilibrio che caratterizza le differenti forme chimiche del potassio nel suolo è soggetto a spostamenti, naturali e indotti, dalle forme solubili e scambiabili a quelle non prontamente disponibili per le piante e viceversa. Pertanto, il potassio apportato al suolo come concime non viene completamente utilizzato, ma una parte tende a fissarsi negli interstrati di alcuni minerali argillosi presenti. Conseguentemente, al fine di ottimizzare le pratiche di fertilizzazione, è necessario conoscere l'aliquota del nutriente da somministrare realmente rispondente alle esigenze delle colture, evitando sovra stime, che possono provocare uno spreco di concime, o sottostime, che possono portare ad una limitazione della produzione. La determinazione in laboratorio viene eseguita con il metodo di Mehlich III il quale permette di ottenere il dato del potassio estraibile e di conseguenza il valore più attinente a quanto svolto dalle piante.

2.4 Analisi fisica del suolo

La densità apparente permette di valutare la composizione dimensionale del terreno in quanto ponendo i risultati in relazione con la tessitura è possibile determinare il livello di compattamento del suolo e la sua stratificazione.

La determinazione della densità rilevata nei vari periodi dell'annata e nel corso degli anni permetterà di valutare il movimento e la sedimentazione delle frazioni componenti la tessitura del suolo, rilevando eventuali evoluzioni che potrebbero influire sul regolare processo colturale.

La rilevazione avviene prelevando un campione di volume noto con campionatore indisturbato battente e successiva pesatura ed essiccazione in stufa a 105°C per 24 ore per la determinazione dell'umidità, e parametrizzazione con il calcolo del rapporto di densità peso/volume.

La resistenza alla penetrazione indica e simula la resistenza che incontrano le radici ad inserirsi nello spazio suolo ed è stata ottenuta con l'elaborazione di un indice di cono tramite strumentazione scientifica realizzata appositamente, il quale permette di elaborare dei valori che dimostrano la compattazione del terreno e l'eventuale presenza di soles di

lavorazione costituite principalmente da strati di suolo ad alta densità causati dal transito della macchine per la lavorazione del terreno.

Le rilevazioni in campo sono state eseguite con il penetrometro Eijkelkamp Penetrologger con asta sottile da 5 mm e puntale a cono da 30° con superficie di contatto di 2 cm², soluzione ideale che più di qualunque altra si avvicina alle caratteristiche delle radici delle colture in oggetto della sperimentazione nei suoli di origine alluvionale.

Le rilevazioni sono state eseguite a marzo, giugno e ottobre di ogni annata con 10 sondaggi trasversali alla linea di lavorazione e transito sul campo su una distanza di 3,0 m con un intervallo di 30 cm sino ad una profondità di 80 cm.

Il contenuto idrico assoluto del suolo, viene determinato tramite essiccazione dei campioni prelevati a profondità diverse e per strati identificati 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm.

2.5 Analisi modalità d'impiego dello Xurian

La formulazione commerciale dello Xurian risulta essere una polvere molto fine di facile dispersione in acqua, senza potere flocculante e facilmente distribuibile con le normali irroratrici.

Le modalità operative prevedevano l'impiego dell'irroratrice a barra aziendale ove si provvedeva alla dispersione della dose di 1350 g/Ha e l'irrorazione della superficie del terreno e dei residui presenti, su cui si sarebbe successivamente propagato e sviluppato l'inoculo di *Pseudomonas putida* spp. Il quale avrebbe ostacolato lo sviluppo dei funghi micotossigeni e agevolato la degradazione dei residui colturali al fine di migliorare il processo di umificazione.

La distribuzione dello Xurian è stata attuata annualmente nel periodo autunnale in giornate prossime ad eventi piovosi, fattore questo che a detta del produttore è favorevole allo sviluppo.

N° PARCELLA	COLTURA	LAVORAZIONE	TRATTAMENTO
72	Soia	MT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
73	Mais	MT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
74	Mais	CT	Trattamento
75	Soia	CT	Trattamento
76	Frumento	CT	Trattamento
77	Frumento	CT	Trattamento
78	Soia	NT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
79	Mais	NT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
80	Frumento	MT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
81	Frumento	MT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
82	Frumento	NT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento
83	Frumento	NT	Xurian
			Xurian + Trattamento
			Trattamento

Tabella 7: schema applicativo della prova sperimentale

Al fine di garantire un'analisi statistica dei dati, la prova è stata realizzata sulle due tecniche conservative, minima e sodo, all'interno delle quali erano presenti tutte e tre le colture, le quali a loro volta ospitavano un confronto tra Xurian, Xurian+trattamento, e il solo trattamento.

A miglior delucidazione è possibile dire che la prova inizialmente era stata pianificata solamente per il frumento e solo in seguito (durante l'inverno 2010) è stata estesa anche a mais e soia e quindi risulta che il dato trattamento si riferisce al solo intervento in fase di spigatura del frumento contro la fusariosi della spiga mentre in mais e soia rappresenta un semplice testimone.

In sintesi analizzando la tesi per singola coltura è possibile dire che il frumento dispone di tre prove ossia lo Xurian, Xurian+trattamento, e il trattamento(fusariosi della spiga); nel

mais è presente lo Xurian, Xurian+trattamento il quale risulta essere identico al precedente, e il trattamento che funge da testimone; la soia rispecchia perfettamente la condizione del mais.

Tale scelta è stata motivata dal fatto che è prassi comune degli agricoltori effettuare il trattamento per il controllo della fusariosi della spiga e che il reale testimone sarebbe stato il non trattato ma in considerazione del confronto diretto con tecniche applicate nel campo professionale si è optato per la scelta descritta al fine di mantenere un confronto in linea con la realtà produttiva.

2.6 Analisi dei residui colturali

L'analisi dei residui colturali presenti in superficie, e costituiti dagli stocchi e paglie delle colture precedenti che permangono sulla superficie o parzialmente miscelati alla terra a seconda della tecnica di lavorazione applicata, ha permesso di confrontare tre tecniche di lavorazione diverse e su tre tipologie di colture. Si è registrato che nella tecnica CT convenzionale ossia aratura con interrimento totale del residuo colturale non vi è stata raccolta, nella minima lavorazione MT si è ottenuta una parziale miscelazione del residuo con il terreno e quindi si è potuto procedere al campionamento su un quadrato di 20x20 cm con ripetizione di tre volte per ciascuna tesi, in cui si è provveduto a prelevare tutti i residui presenti. Nella tecnica della non lavorazione o semina diretta su terreno sodo è stato eseguito lo stesso campionamento della minima lavorazione.

Tutti campioni prelevati in campo sono stati chiusi in sacchetti impermeabili e sigillati con etichettatura e trasportati in laboratorio ove si è proceduto all'analisi.

L'analisi di laboratorio ha previsto la determinazione della resistenza alla rottura con dinamometro e monitoraggio dei valori a 10 Hz per la realizzazione di un grafico funzionale e caratterizzante.

Successivamente si è proceduto alla determinazione del diametro geometrico medio tramite vagliatura con vaglio oscillante a 140 oscillazioni al minuto e classificazione per classi con vagli del diametro di 80 mm, 40 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm, e fondo; il tutto elaborato per ottenere un risultato unico e rappresentativo delle caratteristiche del campione.

Infine si è proceduto alla determinazione della sostanza secca con termostufa.

Tale procedura è stata adottata per ciascun campione e all'interno del campione sono state identificate le diverse tipologie di residuo composte da frumento, mais e soia,

successivamente processate in modo indipendente al fine di ottenere un monitoraggio completo della situazione di campo.

2.7 Analisi chimica residui

L'analisi del C/N (Carbonio/Azoto) ha permesso di valutare lo stato di degradazione dei residui ed il suo conseguente stato di trasformazione in materia organica, in quanto per avviare il processo di assorbimento di nutrienti dalle piante è necessario che le molecole polifenoliche più complesse e rappresentate da lignina e cellulosa siano degradate ad amminoacidi essenziali e carboidrati semplici. Tale processo è operato da batteri che necessitano di assimilare azoto per avviare il processo di degradazione delle molecole, il quale sarà successivamente inglobato nelle molecole organiche che si andranno ad originare e che saranno parte costituente della sostanza organica e della fertilità del suolo.

2.8 Analisi fertilità del suolo

Per misurare l'attività microbica nel suolo si è utilizzato un metodo diretto che permette di valutare l'attività degradatrice dei microrganismi in base al grado di decomposizione di filamenti inseriti nel terreno a seguito del contatto con il microhabitat della pedosfera per sette giorni.

Natura dei fili utilizzati:

- COTONE: Tre stelle, n°16, colore bianco.

Utilizzato per valutare l'attività cellulosolitica, essendo le fibre del cotone di natura vegetale.

- SETA: Tre stelle, Bozzolo Reale titolo n°24, colore celeste 342

Utilizzato per valutare l'attività proteolitica, essendo la seta è una fibra proteica di origine animale.



Figura 23: Fibre impiegate per valutare l'attività biodegradatrice

I filamenti sono stati preparati tagliando porzioni di filo di 30 cm, ripiegandole su se stesse una volta in modo da ottenere un filamento doppio. I due filamenti doppi, quello di seta e quello di cotone, sono stati uniti all'estremità con un'etichetta colorata di riconoscimento. Dei 252 fertimetri preparati, 84 sono stati distinti con un'etichetta nera e trattati con una soluzione di azoto, 84 sono stati distinti da un'etichetta verde e trattati con una soluzione di fosforo e potassio e i rimanenti 84 fili sono stati contrassegnati con un'etichetta gialla e non trattati per essere utilizzati come controllo.

I diversi trattamenti sono stati effettuati per valutare la possibile carenza di macronutrienti nel terreno come fosforo e azoto in base al maggior grado di degradazione dei fili trattati rispetto agli standard non interrati.

Per il trattamento si è preparata una soluzione di azoto sciogliendo 3 g di NH_4NO_3 in 1 litro di acqua distillata e una soluzione di fosforo e potassio ottenuta sciogliendo 6 g di Na_2HPO_4 e 3 g di KH_2PO_4 sempre in 1 litro d'acqua. I fili sono stati immersi nelle soluzioni per 15 minuti ciascuno e asciugati all'aria per una notte.

I fertimetri sono stati interrati il 18 maggio e raccolti il 26 maggio 2012.

Per ogni porzione di terreno omogeneo (stessa lavorazione, stessa coltura e stesso trattamento) sono state eseguite 3 ripetizioni, cioè 3 set di fertimetri. Ogni set comprendeva due fili trattati con azoto e fosforo e un filo di controllo non trattato.



Figura 24: deposizione dei fertimetri in campo.

L'operazione di interrimento è stata eseguita aprendo una fenditura nel terreno con un badile (fig. 24) di circa 15-20 cm di profondità e adagiando i fili su una delle pareti. Per ogni buca si sono sistemati 3 fili, i due trattati più il controllo non trattato, a una distanza di circa 3 cm tra loro. Si è poi richiusa e coperta la fessura ricalzandola con il terreno.

I siti di saggio sono stati scelti verso il centro delle parcelle lontano dalle scoline e dalla capezzagna di passaggio e posti a una distanza equivalente tra gli uni e gli altri. Per ogni porzione di parcella con la stessa lavorazione e tipo di trattamento si eseguivano 3 prove, impiegando tre set di fili.

Una settimana dopo i fili sono stati prelevati, posti tra fogli di carta assorbente e lasciati asciugare per una notte in modo da eliminare l'acqua residua e bloccare l'attività microbica.



Figura 25: Fertimetri interrati nella parcella 72 coltivata a soia



Figura 26: Fertimetri interrati nella parcella 73 coltivata a mais



Figura 27: Fertimetri interrati nella parcella 77 coltivata a frumento

Per determinare il grado di biodegradazione del filo si è utilizzato un metodo per misurare la resistenza alla rottura per mezzo di un banco dinamometrico.

Come si può vedere in fig. 28 il banco dinamometrico è composto da una struttura orizzontale sulla quale ad un estremo è adagiato orizzontalmente il dinamometro che presenta un uncino di aggancio, dall'altra parte c'è un altro uncino fissato a una manovella girevole che permette di avvicinarlo/allontanarlo dal dinamometro.

Il dinamometro è di tipo digitale (IMADA ZP, Elis, Electronic Instruments and Systems, Roma) e può misurare in Kg il picco del carico di rottura cioè la massima forza applicata prima della rottura del filo.



Figura 28: Banco dinamometrico con filamento da testare inserito tra 2 anelli portachiavi

I fili per essere sottoposti alla prova di rottura dovevano prima essere tagliati in porzioni di ugual lunghezza (11 cm). Su ogni filo si operava un taglio a 3 cm dall'etichetta di riconoscimento e poi un secondo taglio dopo 11 cm. In questo modo si otteneva una porzione che era stata a contatto con la terra nei cm di suolo con maggiore presenza di microrganismi.

Le porzioni così tagliate sono state fissate alle estremità a due anelli portachiavi di diverse dimensioni. Gli anelli venivano posti sui 2 ganci del banco dinamometrico. Successivamente si girava la manovella mandando in tensione il filo fino alla rottura e si leggeva il valore della forza in Kg sul display del dinamometro.

2.9 Analisi microbiologica del suolo

2.9.1 Estrazione del DNA genomico

L'estrazione del DNA dai campioni in esame è stata condotta a partire da un quantitativo di terreno compreso tra 250 e 500 mg, utilizzando il kit commerciale GENOMIC DNA FROM SOIL (ditta produttrice Macherey Nagel): tale kit è stato appositamente disegnato per l'isolamento di DNA genomico da microrganismi quali batteri Gram positivi e negativi, arche batteri, funghi e alghe a partire da suolo sedimenti e fanghi.

Il protocollo di estrazione prevede una lisi meccanica con biglie in ceramica per la rottura dei granelli di terreno e per la lisi cellulare dei batteri, spore e cellule fungine.

La rottura della parete cellulare a temperatura ambiente è ulteriormente favorita dall'azione precipitante dell'SDS presente nel buffer di lisi. Il lisato ottenuto viene filtrato attraverso una colonnina (Nucleospim Inhibitor Removal Column) atta alla rimozione degli inibitori delle reazioni enzimatiche eventualmente contenuti nel campione. L'isolamento del DNA avviene tramite un sistema di colonnine d'eluzione in silicio dopo l'aggiustato del lisato con un buffer di binding che favorisce l'interazione del DNA alla membrana in silice della colonnina.

La qualità e la quantità del DNA estratto dai campioni è stato verificato mediante assorbanza (rapporto 260/280); in media sono stati estratti 1,2 µg di DNA totale con un rapporto $A_{260/280}$ medio di 1,6.

2.9.2 Esecuzione dell'analisi ARISA

La tecnologia ARISA (Automated ribosomal intergenic spacer analysis) è una tecnica che negli ultimi anni è stata utilizzata con successo per lo studio di comunità microbiche complesse sia in campo umano che in campo ambientale.

Questa tecnica si basa sull'utilizzo di primers marcati fluorescenti per l'amplificazione della regione intergenica ribosomale ITS (intergenic spacers) partendo da DNA estratto dalla popolazione microbica presente nel campione in esame. I prodotti di PCR così ottenuti, che variano per lunghezza e composizione nucleotidica in base alle specie microbiche presenti nel campione, vengono analizzati mediante un sistema di elettroforesi capillare. Da tale elettroforesi si ottiene un elettroferogramma in cui ciascun picco corrispondente ad un frammento specifico di DNA. La sensibilità della metodica è molto elevata grazie alla

capacità risolutiva del sistema di elettroforesi capillare che è in grado di distinguere differenze di 1 solo nucleotide del DNA.

L'ARISA è stata utilizzata per la caratterizzazione genetica di comunità batteriche e fungine complesse originate da campioni ambientali (acque superficiali, dactero plankton, campioni di suolo) permettendo un'accurata stima della complessità delle comunità studiate grazie a profili caratterizzati da 38 a 232 frammenti di DNA.

Punti critici per l'ottimizzazione della metodica su campioni di origine diversa sono: la scelta dei primers e le condizioni della reazione di PCR in quanto la sensibilità e l'efficienza della reazione di PCR possono più o meno favorire l'amplificazione delle popolazioni meno rappresentate nel campione in esame.

In particolare lo studio della popolazione microbica che compone un campione mediante metodica ARISA prevede l'impiego di 2 differenti coppie di primers:

- La prima coppia consente di amplificare in modo specifico la regione spaziatrice intergenica batterica compresa tra i geni delle sub-unità 16S e 23S rRNA e viene quindi utilizzata per lo studio della popolazione batterica;
- Mentre la seconda coppia di primers consente di amplificare in modo specifico la regione spaziatrice intergenica fungina compresa tra i geni delle sub-unità 18S rRNA e 28S Rrna e viene quindi impiegata per lo studio della popolazione fungina.

L'analisi dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del software Gene Mapper v 4.0.

Per ciascun campione sono stati considerati come frammenti di DNA identificativi di ceppi batterici o fungini solo quelli in cui era possibile rilevare la presenza simultanea dei picchi marcati con entrambi i fluorofori.

2.10 Analisi agronomica colture

L'analisi agronomica ha considerato diversi fattori colturali, in primis l'emergenza considerata fattore critico in particolare per la colture monogerme in cui eventuali fallanze non possono essere recuperate. L'emergenza delle coltura è stata rilevata con conteggio in campo delle plantule in emergenza con scadenze periodiche a calendario di 2 giorni a partire dall'emergenza della prima plantula, su un tratto identificato di 10 metri di lunghezza su quattro file parallele opportunamente contrassegnate.

L'investimento colturale finale è stato rilevato alla completa emergenza delle plantule con successiva analisi matematica per la determinazione di fallanze e doppie deposizioni originate dalle seminatrici.

Le rese colturali sono state rilevate al momento della raccolta, con pesatura parcellare e complessiva dell'intero appezzamento, il tutto suddiviso per tecnica di lavorazione del suolo e tesi in oggetto al fine di avere un monitoraggio completo dell'evoluzione produttiva del campo.

3 Risultati

Nel processo di valutazione si è provveduto alla valutazione dell'azione svolta dal residuo colturale la quale sembra influenzare il normale processo colturale, ma a seguito della non completa analisi di alcuni dati non è possibile al momento della stesura del presente elaborato redimere un quadro d'analisi completo sull'influenza del residuo colturale. La motivazione di tale inefficienza rientra nelle difficoltà procedurali in laboratorio e nella considerevole numerosità dei campioni da processare.

3.1 Rese colturali

Le rese colturali sono state monitorate nel corso degli anni di prova con valori parcellari e degli appezzamenti interi al fine di garantire una completa analisi delle condizioni di campo e la determinazione di eventuali problematiche colturali.

TECNICA	COLTURA	2009-2010	2010-2011	2011-2012
MT	MAIS	10.73	11.30	10.03
MT	SOIA	5.42	4.50	4.86
MT	FRUMENTO	4.42	5.63	8.15
CT	MAIS	12.68	11.59	10.18
CT	SOIA	5.33	4.77	4.59
CT	FRUMENTO	4.59	5.89	9.33
NT	MAIS	5.61	5.98	1.18
NT	SOIA	3.95	4.30	0.90
NT	FRUMENTO	4.48	6.33	8.05

Tabella 8: quadro sintetico delle rese colturali per ogni tecnica di lavorazione e coltura

Analizzando ogni singola coltura per ciascuna tecnica di lavorazione attuata, è possibile vedere nella tabella 8 e nei grafici 12, 13, 14 che il mais ha avuto una produzione pressoché costante nel corso degli anni mantenendo una produzione di granella secca (umidità commerciale 15%) con valori compresi tra 10 e 12 t/ha nella lavorazione

tradizionale, molto più lineare e con piccole differenze di resa risulta l'andamento storico del mais in minima lavorazione, mentre la semina su sodo ha realizzato valori produttivi dimezzati nelle prime due annate e quasi del tutto annullati nell'ultima annata.

L'analisi di questi risultati dimostra una sostanziale equivalenza tra la lavorazione tradizionale e minima le quali non presentano sostanziali differenze dal punto di vista produttivo e colturale, il tutto confermato dall'analisi statistica eseguita; viceversa la semina diretta ha dimostrato delle forti limitazioni nella capacità produttiva in quanto la contrazione delle produzioni già nelle prime due annate e la quasi totale mancata produzione nella terza annata è stata causata dalle difficoltà in fase di semina legate alla riapertura del solco di semina e conseguente disidratazione dei semi in fase di germinazione con elevate fallanze e ridotta produzione unitaria delle spighe. Fattore ulteriormente aggravante le condizioni di campo è stata la rapida evoluzione delle infestanti che si sono caratterizzate per la presenza cospicua di specie perenni come il *Cynodon Dactylon* e specie a propagazione anemofila, le quali nonostante una tecnica di diserbo in post emergenza ad intervento singolo non ha permesso di controllare con l'ulteriore aggravio di una germinazione scalare la quale si verificava a seguito di ogni, anche se pur modesto, evento meteorico. Tali condizioni hanno compromesso le produzioni e originato problemi per il proseguo della coltivazione degli appezzamenti a sodo.

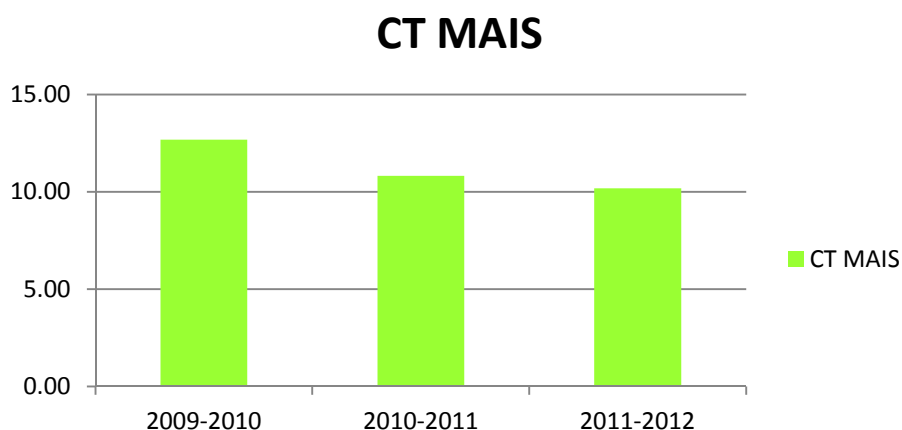


Grafico 12: produzioni del mais nel triennio su lavorazione tradizionale

MT MAIS

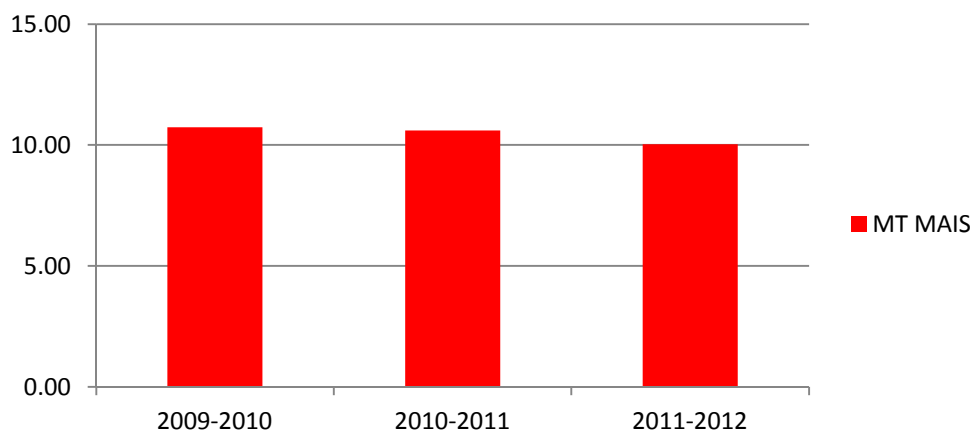


Grafico 13: produzioni del mais nel triennio su minima lavorazione

NT MAIS

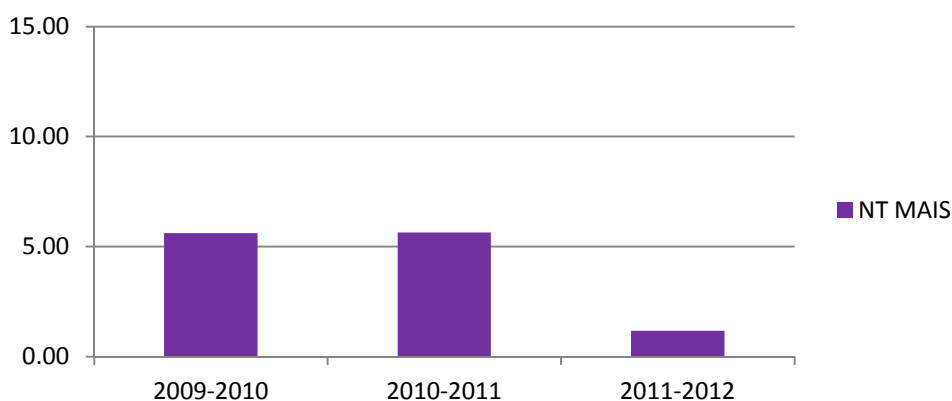


Grafico 14: produzione del mais nel triennio in semina diretta

La coltivazione della soia ha registrato delle produzioni simili per la lavorazione tradizionale e minima con valori compresi tra le 5.2 e 4.7 t/Ha, mentre le produzioni della semina diretta hanno registrato valori leggermente più bassi delle altre due tecniche nelle annate 2009/2010 e 2010/2011 come riportato in tabella 7, e un quasi totale azzeramento delle produzioni nell'annata 2011/2012 ove la produzione è stata compromessa dall'impossibilità di controllo delle infestanti.

CT SOIA

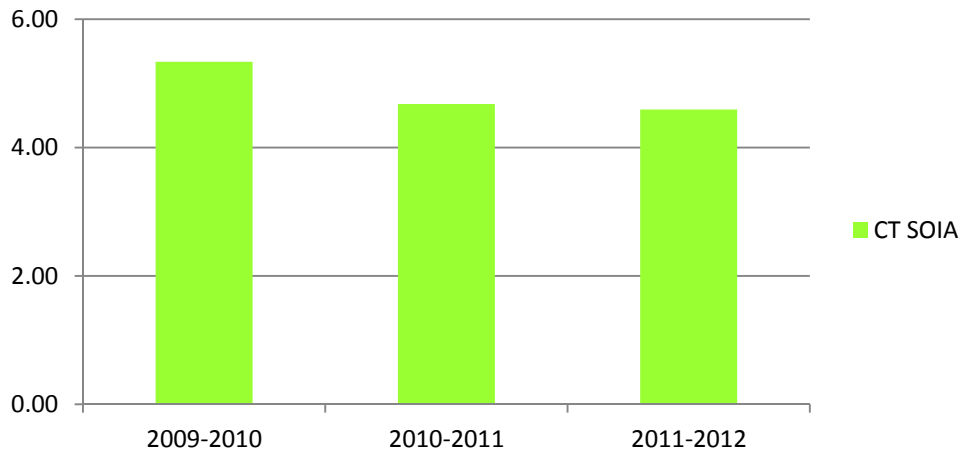


Grafico 15: rese colturali della soia nel triennio in lavorazione tradizionale

MT SOIA

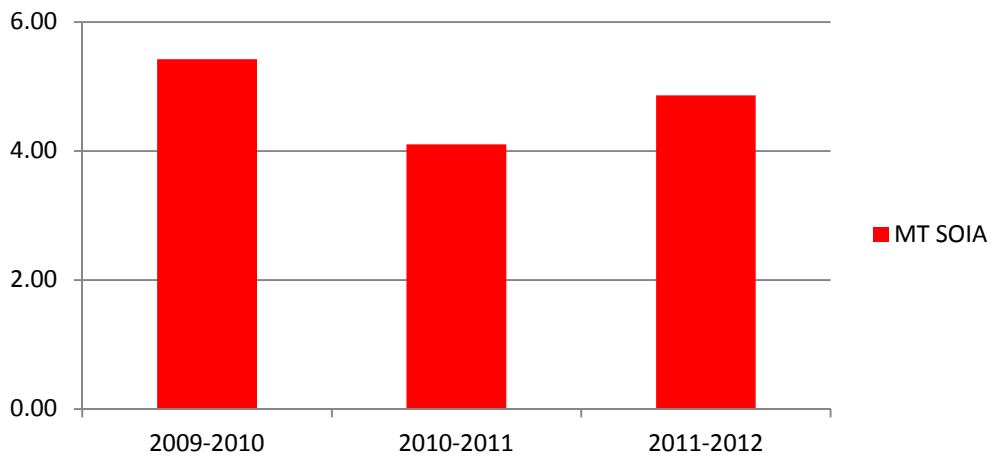


Grafico 16: rese colturali della soia nel triennio in minima lavorazione

NT SOIA

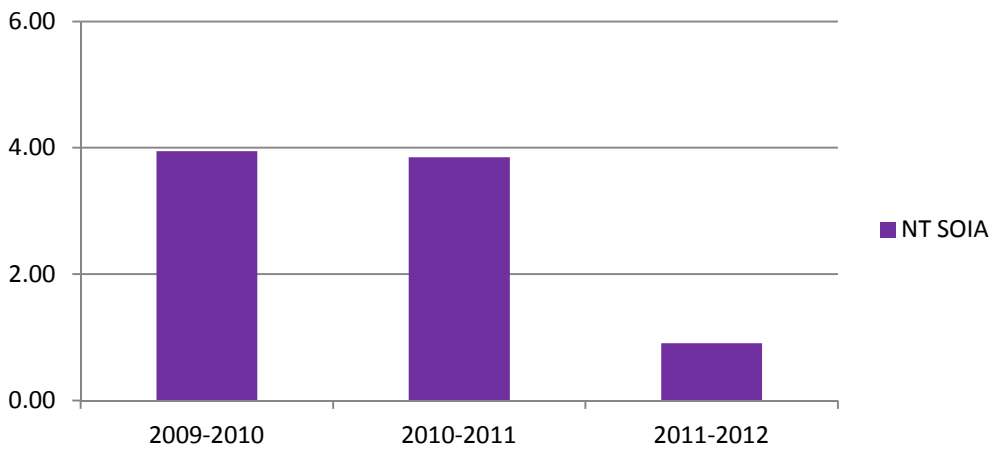


Grafico 17: rese colturali della soia nel triennio in semina diretta



Figura 29: appezzamento di soia in semina diretta, fortemente compromesso dalle infestanti

La produzione di frumento tenero ha registrato dei valori in crescita nel corso degli anni ed una comparazione diretta tra le tre tecniche in quanto i valori di resa sono molto simili a dimostrazione che pur variando la tecnica di lavorazione del suolo il frumento non influenza la produzione. Emblematico è la dimostrazione grafica del trend di crescita nei grafici 18, 19, 20 ove si registrano valori pressoché simili per ogni annata e in continuo aumento fino a raggiungere gli ottimi valori del 2012.

CT FRUMENTO

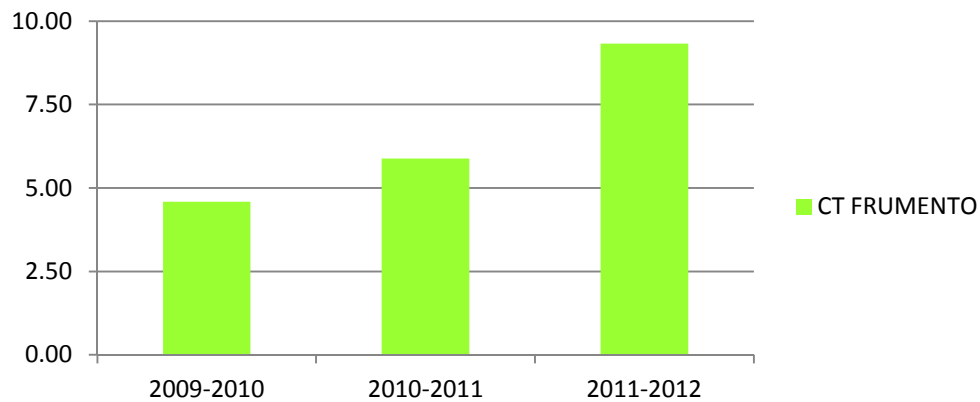


Grafico 18: produzione del frumento nei tre anni di prova con lavorazione tradizionale

MT FRUMENTO

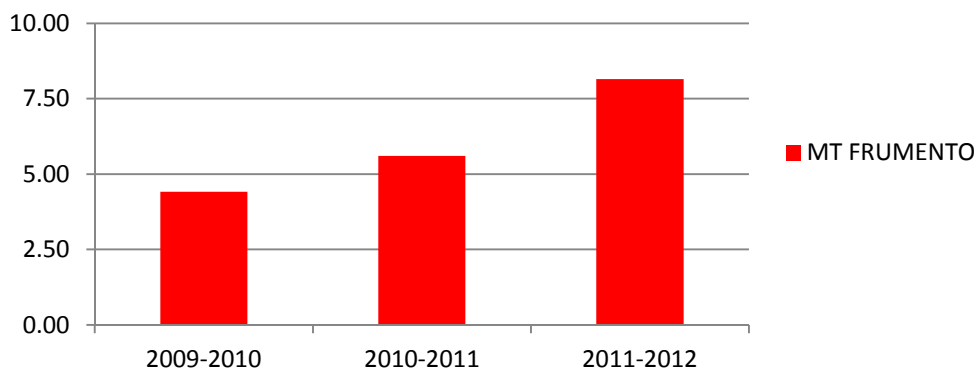


Grafico 19: produzione del frumento nei tre anni di prova con minima lavorazione

NT FRUMENTO



Grafico 20: produzione del frumento nei tre anni di prova con semina diretta

Un quadro di sintesi generale è possibile osservarlo nei grafici 21, 22, 23 ove vengono raggruppate le annate, le tecniche applicate e tutte le colture coinvolte.

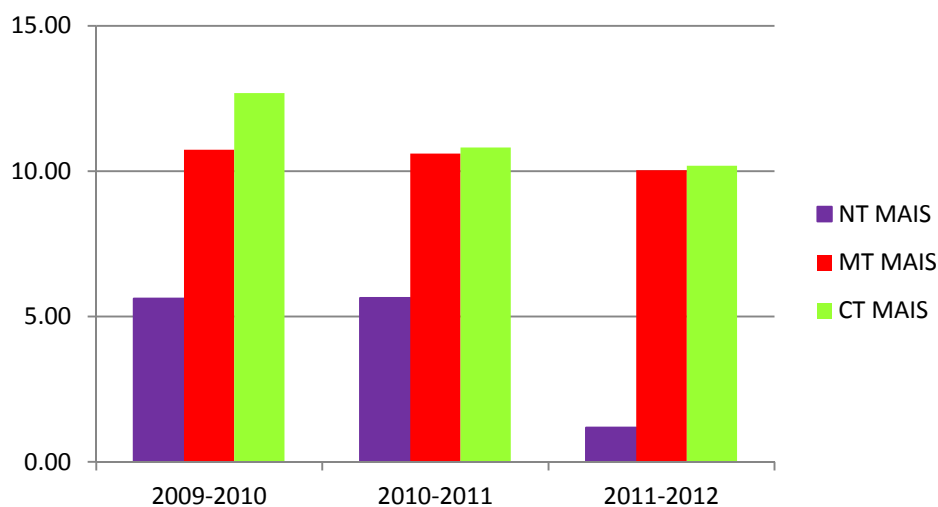


Grafico 21: produzioni del mais nel corso dei tre anni in ogni tecnica di lavorazione applicata

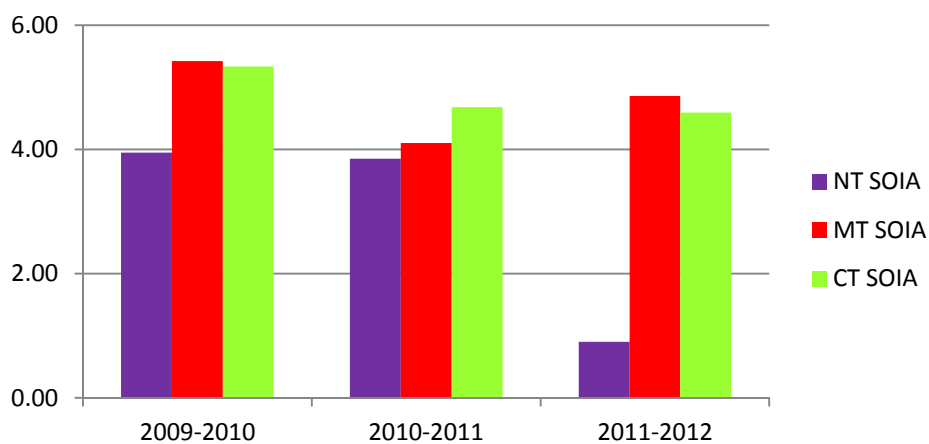


Grafico 22: produzioni della soia nel corso dei tre anni in ogni tecnica di lavorazione applicata

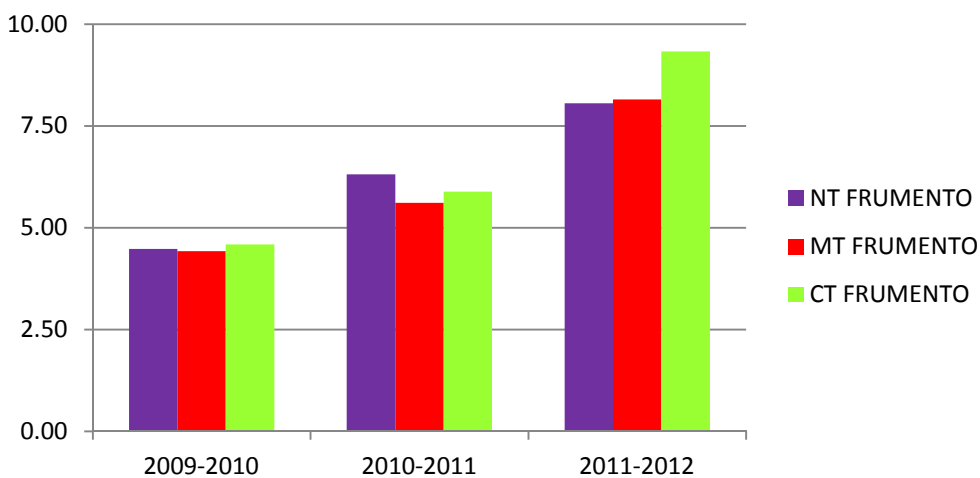


Grafico 23: produzioni del frumento nel corso dei tre anni in ogni tecnica di lavorazione applicata

Come già descritto in precedenza è possibile osservare che il deficit più marcato è presente nell'annata 2011/2012 con una forte contrazione delle produzioni di mais e soia nella semina su sodo.

Maggior dettaglio delle produzioni è possibile evidenziarlo nelle rilevazioni parcellari svolte per la prova d'impiego dello Xurian.

A tal scopo si è provveduto a rilevare la produzione per ogni singola prova e replica, al fine di monitorare eventuali influenze dell'impiego dello Xurian sulle rese.

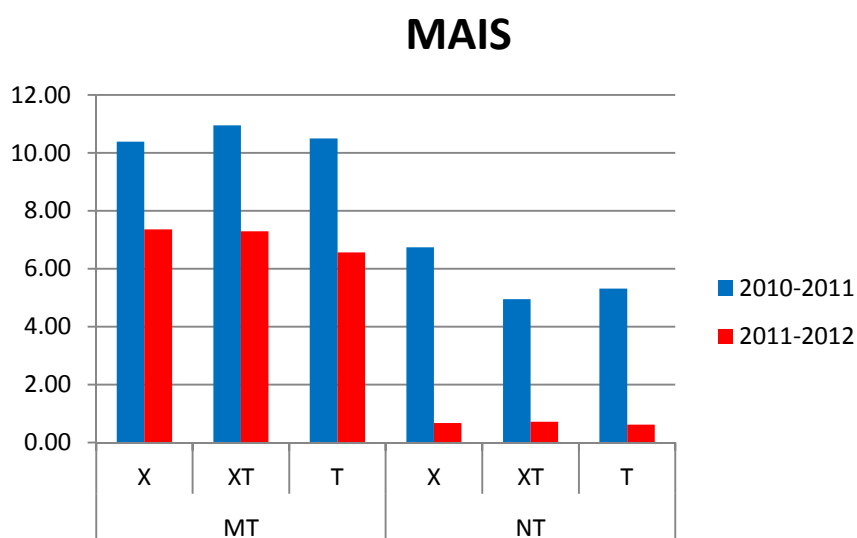


Grafico 24: produzioni di mais coltivato su appezzamenti gestiti a minima lavorazione e semina su sodo con interazione dell'applicazione Xurian

Nel caso dell'uso su mais è stato possibile notare che a seguito di opportuna analisi non vi è alcuna differenza statisticamente sensibile, ed è perciò possibile affermare che l'impiego dello Xurian non ha comportato un aumento delle rese, ma allo stesso tempo non ha esercitato alcuna influenza di contrazione, risultando perciò del tutto ininfluenza.

SOIA

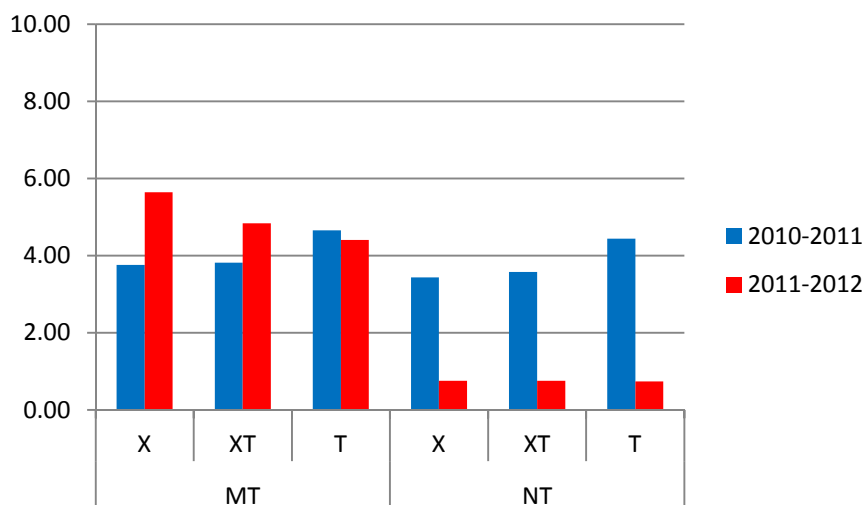


Grafico 25: produzione della soia coltivata su appezzamenti gestiti in minima lavorazione e semina diretta con distribuzione autunnale dello Xurian

L'azione esercitata sulla soia è speculare a quella del mais e perciò non vi è modo di affermare un'azione dello Xurian sulle rese di questa coltura.

FRUMENTO

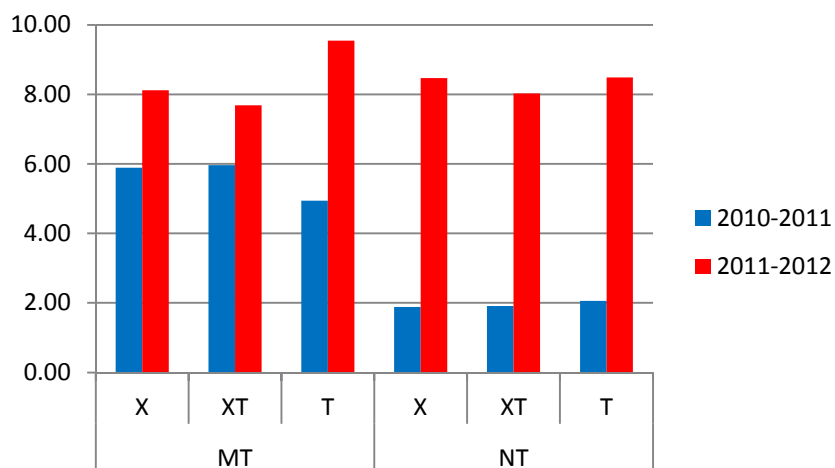


Grafico 25: produzione del frumento coltivato su appezzamenti gestiti in minima lavorazione e semina diretta con distribuzione autunnale dello Xurian

Anche il frumento tenero presenta la medesima condizione del mais e della soia, senza alcuna variazione di resa.

3.2 Condizioni fisiche del suolo

La resistenza alla penetrazione mostra come nel corso del tempo ed all'interno di ogni singola tecnica di lavorazione del terreno, varia la compattazione del suolo e di conseguenza la difficoltà delle radici a penetrare ed espandersi per la ricerca dei nutrienti e dell'acqua.

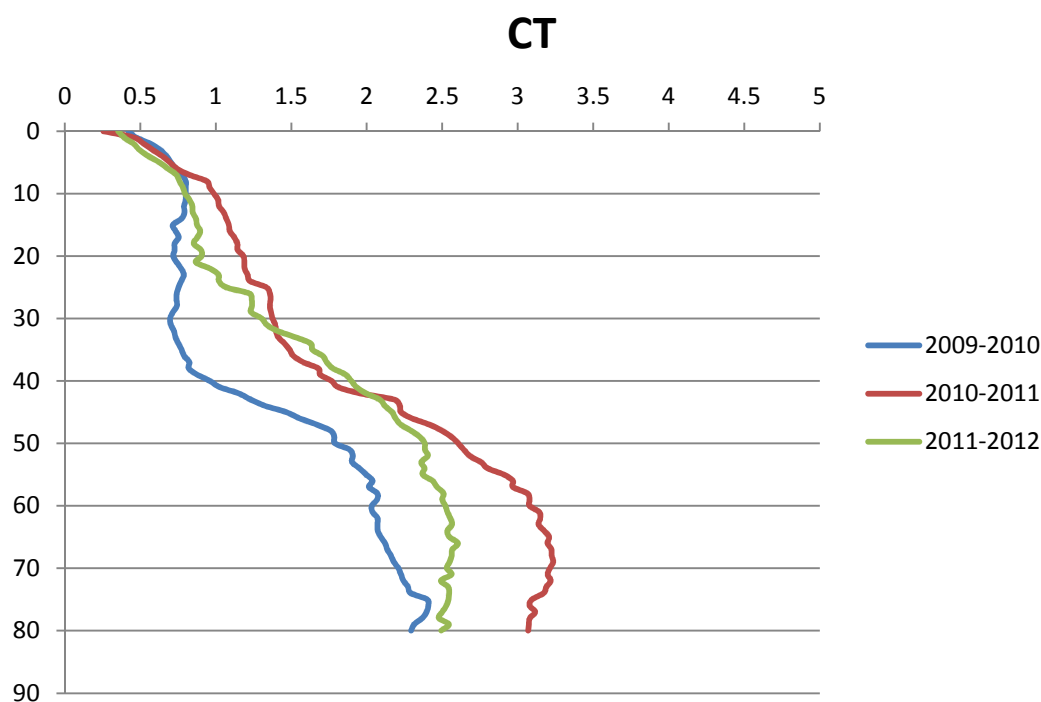


Grafico 26: condizione del suolo in regime di lavorazione tradizionale; di facile individuazione la presenza di una suola di lavorazione alla profondità di 40 cm.

Osservando il grafico 26 è possibile notare valori dell'indice di cono molto bassi per lo strato interessato dalle lavorazioni a cui segue un repentino innalzamento dei valori dovuto alla presenza di una soglia di lavorazione la quale comporta una compattazione degli strati sottostanti fino a raggiungere il livello di 3 MPa nell'annata 2010/2011. Da notare che l'intervallo di registrazione dei dati ha una variazione temporale considerevole in quanto nella prima annata si sono registrati dei valori contenuti che si sono ripetuti nella terza annata, mentre nella seconda è possibile osservare un considerevole innalzamento dei valori in particolar modo con l'approfondimento dell'indagine. Tale comportamento può risiedere nelle continue variazioni strutturali del suolo su cui intervengono molteplici fattori che di certo avranno influenza sulle colture attuate.

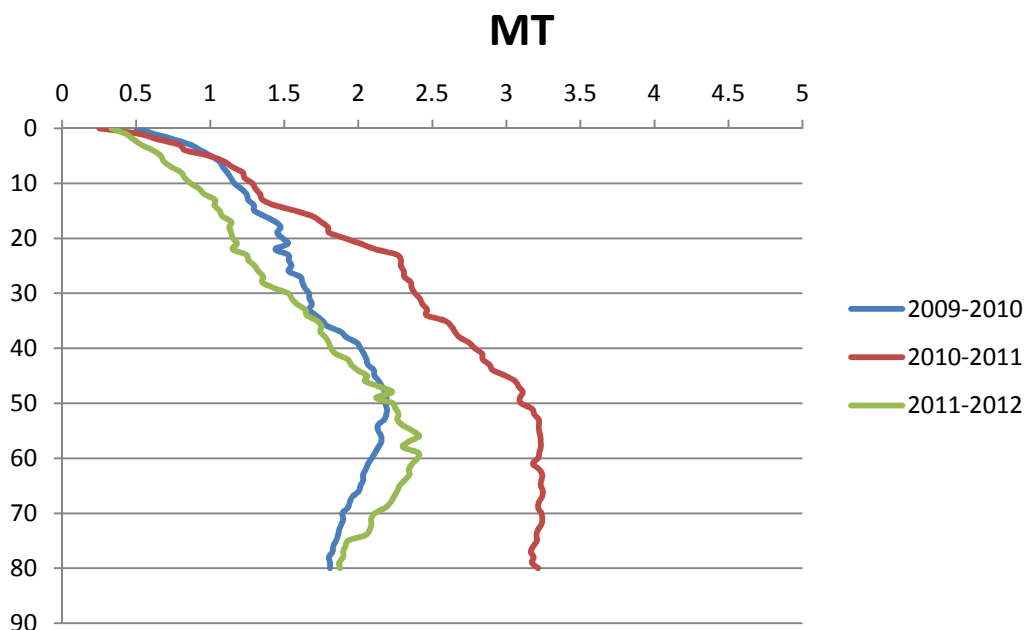


Grafico 27: profilo del suolo negli appezzamenti destinati a minima lavorazione; interessante notare l'aumento graduale della densità sino alla soglia delle lavorazioni con una contrazione dei valori negli strati successivi.

La minima lavorazione presenta una situazione simile a quella tradizionale con una evoluzione delle linee dei valori registrati, come visibile nel grafico 27 ove è possibile osservare anche una evoluzione della suola di lavorazione la quale si nota in un graduale innalzamento dei valori ma fino a raggiungere la profondità di circa 50 cm al di sotto dei quali si osserva una contrazione dei valori a seguito di una maggior stabilità degli strati e gestione del traffico in superficie. Tale risultato è possibile grazie all'azione svolta dalle ancore del dissodatore che non creando una suola come il versoio dell'aratro origina una zona di decompattazione senza continuità, lasciando maggiori possibilità alle radici e all'acqua di trovare soluzioni adatte alle proprie esigenze.

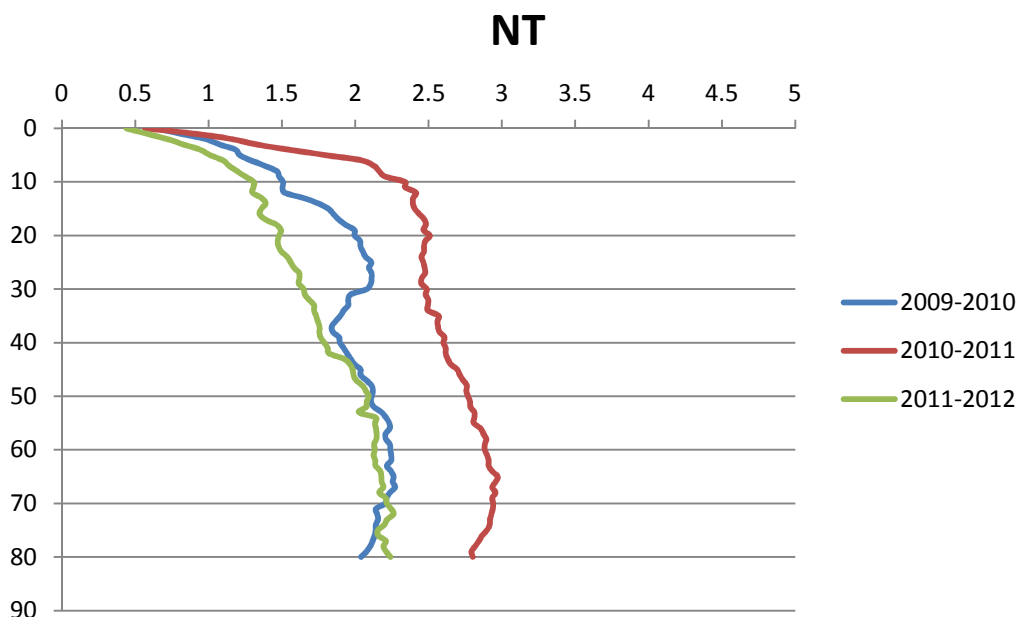


Grafico 28: resistenza alla penetrazione degli appezzamenti coltivati con la semina diretta; i valori registrati mostrano un profilo molto lineare con valori elevati dalla superficie alla profondità.

La semina diretta mostra un'alterazione del suolo il quale risulta compattato sin dai primi 10 cm al di sotto dei quali i valori crescono in modo brusco per raggiungere valori di 2-2.5 MPa e mantenere tali valori siano alla profondità di 90 cm. La condizione che si è presentata mostra una situazione limite in cui le colture hanno dovuto affrontare il problema del compattamento del suolo sin dai primi stadi di sviluppo, con ripercussioni sulle condizioni finali.

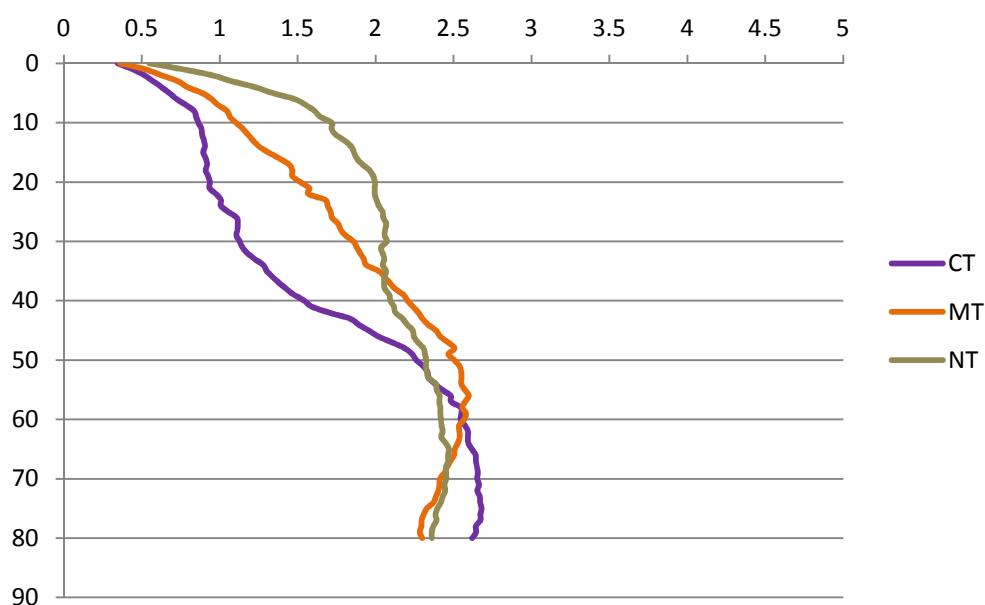


Grafico 29: confronto diretto delle tre tecniche di lavorazione, medie triennali.

Il risultato complessivo mostra un innalzamento generale dei valori di compattazione del suolo nei primi 50 cm ove si nota la particolare destrutturazione della tecnica tradizionale dovuta in gran parte all'intervento dell'aratro, la minima lavorazione presenta dei valori leggermente superiori, ed infine il sodo che sin dai primi 10 cm presenta valori ragguardevoli di compattazione. Al di sotto dei 50 cm e sino alla profondità di 80 cm si osservano valori molto simili e nella maggior parte dei casi una sovrapposizione, a dimostrazione della completa assenza di influenza delle lavorazioni negli strati più profondi e poco esplorati dalle colture.

La densità del suolo è riferita al peso su volume ricavato dai campioni elaborati tramite i quali è possibile rilevare eventuali eventi di sedimentazione delle particelle di terreno.

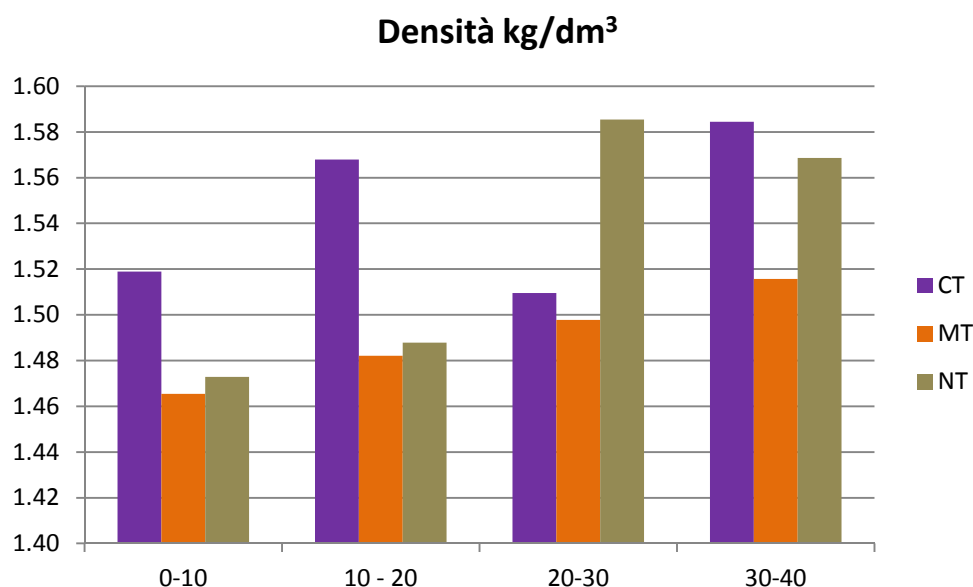


Grafico 30: Densità del suolo in kg/dm³

Dalle informazioni raccolte è considerata come discriminante una densità superiore a 1.50 kg/dm³, a tal limite è da segnalare una condizione limite presente solo nello strato 10-20 per la lavorazione tradizionale, lo strato 30-40 per la semina su sodo, e lo strato 30-40 per tradizionale e sodo. Comportamento lineare quello della minima lavorazione, la quale registra valori crescenti dalla superficie sino alla profondità ove supera leggermente il limite precedentemente considerato.

3.3 Sostanza organica nel terreno

Nei campioni prelevati, il contenuto di carbonio organico aumenta dal 2,08 al 2,7% nel caso in cui nel suolo la lavorazione preveda l'inversione degli strati (CT), mentre nel caso in cui gli strati non siano invertiti (MT) l'incremento è inferiore, 2,3 rispetto a 2,08.

	CO(%)	N (%)	C/N	I(%)	II(%)	III(%)	CU(%)	CU/CO
NT	2,08	0,15	13,87	3,90	63,90	32,10	0,45	0,22
MT	2,30	0,18	12,85	7,80	62,65	29,45	0,40	0,17
CT	2,70	0,16	16,88	4,70	60,00	35,30	0,37	0,14

Tab. 9: Valori di carbonio organico, azoto, C/N, quantificazione dei picchi delle gel filtrazioni, carbonio umico e CU/CO dei campioni di suolo condotti con diverse tecniche colturali. NT = terreno non lavorato; MT = terreno lavorato a 35 cm senza inversione degli strati; CT = terreno lavorato a 35 cm con inversione degli strati.

L'azoto è uno degli indicatori più importanti della qualità del suolo, sia che lo si esamini dal punto di vista produttivo sia che lo si esamini dal punto di vista ambientale; per quanto riguarda il contenuto di tale elemento, nel suolo non lavorato, il valore è dello 0,15 %, mentre nel campione MT, aumenta a 0,18, per poi abbassarsi a 0,16 nel suolo CT.

Il rapporto CU/CO fornisce indicazioni sulla resa della sostanza umica rispetto al totale della sostanza organica. Da un punto di vista quantitativo le rese in carbonio umico (CU/CO) risultano più elevate nel suolo non lavorato (22%), mentre negli ultimi due casi, è di 17% nel campione MT e del 14% nel suolo CT.

Il rapporto C/N, come prima spiegato, indica la relazione esistente in una matrice organica, tra C organico ed N. Nella sostanza organica humificata è circa 10. Vengono riportati di seguito dei valori di riferimento tra il rapporto C/N e la velocità di decomposizione dei residui vegetali:

Decomposizione rapida e rilascio pronto di azoto	< 20
Decomposizione meno rapida e immobilizzazione di parte dell'azoto	20 – 35
Decomposizione lenta e immobilizzazione dell'azoto nella molecola di humus	> 35

Nei campioni il C/N corrisponde a 13,87 nel terreno non lavorato, a 12,85 nel MT, ed a 16,88 nel campione CT. Dall'esame dei dati riportati appare evidente che la conduzione del suolo che ha previsto la lavorazione a 40 cm con inversione degli strati, ha disturbato l'equilibrio tra l'attività degli enzimi del suolo e le popolazioni microbiche, come si evince dall'aumento del C/N e dalla bassa resa in sostanza umica.

La lavorazione a 35 cm senza inversione degli strati, ha permesso un miglior turn over della SO, come evidenziato dal C/N di 12,5 e da una resa in humus del 17%.

La gel filtrazione degli estratti umici permette di valutare qualitativamente il tipo ed il grado di evoluzione delle sostanze umiche nei terreni analizzati. Le sostanze vengono divise in frazioni a diverso peso molecolare, in cui quelle ad alto peso (> 100 kDa) indicano suoli maturi e con elevata attività biologica, quella a peso molecolare intermedio ($100 - 10$ kDa) sono tipiche di suoli in cui il processo di umificazione è ostacolato, mentre la frazione a basso peso molecolare apparente (< 10 kDa) caratterizza le sostanze umiche di neosintesi che debbono ancora subire il processo di policondensazione. I fenomeni che caratterizzano le trasformazioni delle sostanze umiche si riferiscono normalmente ad orizzonti temporali del medio e lungo periodo.

L'evoluzione della sostanza umica mostra una diminuzione delle frazioni a basso peso molecolare a favore della frazione ad alto peso molecolare.

E' infatti evidente come la frazione ad alto peso molecolare, alla fine del processo di umificazione, costituisca ben il 90% della sostanza umica totale, mentre la frazione a basso peso molecolare rappresenti solo il 10%.

Dal confronto tra i profili di eluizione delle sostanze umiche, si evidenzia come l'humus presente nelle tesi considerate abbia un grado di maturazione meno elevato.

In tutti i profili prevale la seconda frazione, mentre la prima ha valori compresi tra il 3,9% e 7,8%. Fra le due diverse lavorazioni (CT e MT), la non inversione permette la formazione di sostanze umiche con un maggior grado di policondensazione e questo dato è in linea con il miglior turnover della sostanza organica dimostrato in precedenza.

3.4 Attività microbica biodegradatrice

Prima di procedere con l'analisi dei filamenti interrati si è misurato il grado di resistenza di fili non interrati, trattati con azoto, fosforo e non trattati. Successivamente si è calcolata la resistenza media per ogni tipologia di filo, la deviazione standard e il coefficiente di variazione percentuale. In questo modo si è potuto calcolare la % di resistenza dei fili interrati e successivamente la % di degradazione.

RESISTENZA MEDIA (Kg)			
	STANDARD NON TRATTATO (media)	STANDARD AZOTO (media)	STANDARD FOSFORO (media)
COTONE	2,7475	3,06	2,843
SETA	1,9775	2,197	2,326

Tab. 10: Valori medi di resistenza dei filamenti standard non interrati.

DEVIAZIONE STANDARD			
	STANDARD NON TRATTATO (media)	STANDARD AZOTO (media)	STANDARD FOSFORO (media)
COTONE	0,17884	0,10863	0,18139
SETA	0,04884	0,10218	0,13662

Tab. 11: Deviazioni standard per i filamenti non interrati.

COEFFICIENTE DI VARIAZIONE %			
	STANDARD NON TRATTATO (media)	STANDARD AZOTO (media)	STANDARD FOSFORO (media)
COTONE	6,50936	3,54993	6,3801
SETA	2,46982	4,65094	5,87344

Tab. 12: Coefficiente di variazione % per i fili standard.

La percentuale di resistenza dei fili interrati è stata calcolata nel seguente modo:

$$\% \text{ Resistenza} = R_i / \overline{R}_s \times 100$$

Dove:

R_i = Resistenza del filo i interrato nel terreno (Kg)

\overline{R}_s = Valore medio di resistenza per i fili standard non interrati (Kg)

Inoltre è stata calcolata la percentuale di degradazione con la seguente formula:

$$\% \text{ Degradazione} = 100 - \% \text{ Resistenza}$$

Per ogni tipologia di tesi (MT, CT e NT) è stata creata una tabella che riporta i valori di degradazione % e la deviazione standard per i diversi trattamenti chimici, tipologia di fili e trattamento di fili.

RISULTATI PER LE PARCELLE 72, 73, 80, 81 CON "MINIMUM TILLAGE".

TESI	PARCELLA	TRATTAMENTO	NATURA FILI	TRATTAMENTO FILI	DEGRADAZIONE (%)	DEV. STAND.
MT	72	X	COTONE	CONTROLLO	17,86	14,12
				AZOTO	25,16	16,64
				FOSFORO	21,80	3,95
			SETA	CONTROLLO	17,91	4,70
				AZOTO	23,99	3,73
				FOSFORO	21,18	1,63
		XT	COTONE	CONTROLLO	1,61	3,89
				AZOTO	27,23	22,18
				FOSFORO	19,92	9,08
			SETA	CONTROLLO	17,74	3,59
				AZOTO	20,19	9,16
				FOSFORO	24,05	1,38
	T	COTONE	CONTROLLO	19,32	15,05	
			AZOTO	39,11	20,21	
			FOSFORO	12,42	10,36	
		SETA	CONTROLLO	16,39	3,55	
			AZOTO	17,31	1,15	
			FOSFORO	16,74	4,24	
	73	X	COTONE	CONTROLLO	24,54	24,84
				AZOTO	35,73	13,02
				FOSFORO	26,37	17,52
			SETA	CONTROLLO	16,90	4,70
				AZOTO	17,16	2,77
				FOSFORO	19,03	7,57
XT		COTONE	CONTROLLO	17,26	3,10	
			AZOTO	24,07	15,57	
			FOSFORO	21,21	1,86	
		SETA	CONTROLLO	25,50	16,38	
			AZOTO	17,92	4,56	
			FOSFORO	19,60	3,67	
T	COTONE	CONTROLLO	22,96	10,21		
		AZOTO	18,08	7,35		
		FOSFORO	25,78	9,68		
	SETA	CONTROLLO	10,83	3,59		
		AZOTO	23,38	4,33		
		FOSFORO	14,73	8,23		

TESI	PARCELLA	TRATTAMENTO	NATURA FILI	TRATTAMENTO FILI	DEGRADAZIONE (%)	DEV. STAND.
MT	80	X	COTONE	CONTROLLO	8,52	4,39
				AZOTO	28,10	1,73
				FOSFORO	10,54	8,05
			SETA	CONTROLLO	15,21	0,58
				AZOTO	13,97	5,54
				FOSFORO	29,92	1,55
		XT	COTONE	CONTROLLO	25,02	32,70
				AZOTO	25,82	14,65
				FOSFORO	14,76	5,10
			SETA	CONTROLLO	0,21	1,91
				AZOTO	7,90	4,67
				FOSFORO	17,17	4,79
		T	COTONE	CONTROLLO	6,70	8,81
				AZOTO	23,42	6,13
				FOSFORO	21,21	11,44
			SETA	CONTROLLO	5,10	5,36
				AZOTO	16,10	2,63
				FOSFORO	23,04	4,10
	81	X	COTONE	CONTROLLO	14,10	13,60
				AZOTO	31,70	2,90
				FOSFORO	16,05	11,02
			SETA	CONTROLLO	21,11	0,51
				AZOTO	18,37	4,08
				FOSFORO	21,47	2,80
		XT	COTONE	CONTROLLO	6,46	9,36
				AZOTO	18,74	8,35
				FOSFORO	9,49	1,46
			SETA	CONTROLLO	15,72	2,88
				AZOTO	26,26	5,59
				FOSFORO	21,75	5,07
T		COTONE	CONTROLLO	13,74	5,86	
			AZOTO	32,57	8,03	
			FOSFORO	26,13	18,94	
		SETA	CONTROLLO	15,72	4,09	
			AZOTO	33,85	4,37	
			FOSFORO	31,93	5,02	

Tab. 13: Percentuale di degradazione dei filamenti e deviazione standard per parcelle con "Minimum Tillage".

RISULTATI PARCELLE 74, 75, 76, 77 CON “CONVENTIONAL TILLAGE”.

TESI	PARCELLA	TRATTAMENTO	NATURA FILI	TRATTAMENTO FILI	DEGRADAZIONE (%)	DEV. STAND.
CT	74	T	COTONE	CONTROLLO	6,70	5,51
				AZOTO	16,56	1,24
				FOSFORO	14,41	13,04
			SETA	CONTROLLO	11,84	7,37
				AZOTO	15,95	2,74
				FOSFORO	28,20	1,55
	75	T	COTONE	CONTROLLO	5,25	14,03
				AZOTO	10,57	10,01
				FOSFORO	14,41	4,25
			SETA	CONTROLLO	6,11	2,28
				AZOTO	9,57	2,15
				FOSFORO	30,35	4,84
	76	T	COTONE	CONTROLLO	18,11	9,85
				AZOTO	10,89	5,57
				FOSFORO	26,13	6,79
			SETA	CONTROLLO	12,01	2,32
				AZOTO	13,82	3,36
				FOSFORO	24,48	9,93
	77	T	COTONE	CONTROLLO	-2,40	0,56
				AZOTO	18,08	4,69
				FOSFORO	9,25	10,73
SETA			CONTROLLO	12,35	5,19	
			AZOTO	13,67	10,76	
			FOSFORO	20,61	8,07	

Tab. 14: Percentuale di degradazione dei filamenti e deviazione standard per parcelle con “Conventional Tillage”.

RISULTATI PARCELLE 78, 79, 82, 83 CON "NO TILLAGE".

TESI	PARCELLA	TRATTAMENTO	NATURA FILI	TRATTAMENTO FILI	DEGRADAZIONE (%)	DEV. STAND.
NT	78	X	COTONE	CONTROLLO	31,94	7,60
				AZOTO	16,67	6,26
				FOSFORO	19,28	8,71
			SETA	CONTROLLO	22,80	9,81
				AZOTO	22,77	5,69
				FOSFORO	20,89	6,10
		XT	COTONE	CONTROLLO	15,20	19,54
				AZOTO	20,48	3,40
				FOSFORO	37,16	8,65
			SETA	CONTROLLO	17,57	2,86
				AZOTO	17,16	5,54
				FOSFORO	40,81	22,35
		T	COTONE	CONTROLLO	42,37	8,19
				AZOTO	28,98	7,43
				FOSFORO	32,47	11,44
	SETA		CONTROLLO	22,97	8,06	
			AZOTO	25,05	10,18	
			FOSFORO	35,65	4,39	
	79	X	COTONE	CONTROLLO	37,76	18,02
				AZOTO	19,72	8,41
				FOSFORO	34,58	23,93
			SETA	CONTROLLO	28,02	11,19
				AZOTO	19,44	7,07
				FOSFORO	24,98	8,21
		XT	COTONE	CONTROLLO	21,87	1,38
				AZOTO	22,66	21,69
				FOSFORO	32,29	3,23
			SETA	CONTROLLO	13,70	6,28
				AZOTO	23,68	8,10
				FOSFORO	27,77	11,55
T		COTONE	CONTROLLO	25,87	8,02	
			AZOTO	39,38	34,43	
			FOSFORO	25,55	4,52	
	SETA	CONTROLLO	16,39	1,78		
		AZOTO	28,39	17,38		
		FOSFORO	36,37	4,10		

TESI	PARCELLA	TRATTAMENTO	NATURA FILI	TRATTAMENTO FILI	DEGRADAZIONE (%)	DEV. STAND.
NT	82	X	COTONE	CONTROLLO	2,58	2,07
				AZOTO	21,90	14,15
				FOSFORO	22,73	12,47
			SETA	CONTROLLO	13,02	5,63
				AZOTO	22,01	1,84
				FOSFORO	35,80	4,95
		XT	COTONE	CONTROLLO	16,41	13,45
				AZOTO	33,55	21,81
				FOSFORO	27,89	8,46
			SETA	CONTROLLO	31,06	17,71
				AZOTO	25,50	8,15
				FOSFORO	26,48	1,29
		T	COTONE	CONTROLLO	33,64	23,54
				AZOTO	26,25	9,60
				FOSFORO	21,56	4,60
			SETA	CONTROLLO	20,94	11,31
				AZOTO	20,19	10,10
				FOSFORO	19,17	0,86
	83	X	COTONE	CONTROLLO	13,62	9,37
				AZOTO	22,66	9,90
				FOSFORO	10,07	5,65
			SETA	CONTROLLO	13,86	1,78
				AZOTO	27,93	4,87
				FOSFORO	35,22	16,00
		XT	COTONE	CONTROLLO	16,04	12,75
				AZOTO	21,79	14,00
				FOSFORO	19,69	7,98
			SETA	CONTROLLO	27,52	13,81
				AZOTO	25,50	4,30
				FOSFORO	27,06	3,85
T		COTONE	CONTROLLO	11,56	11,63	
			AZOTO	18,63	6,05	
			FOSFORO	5,15	4,20	
		SETA	CONTROLLO	12,01	9,84	
			AZOTO	21,03	0,97	
			FOSFORO	24,62	4,41	

Tab. 15: Percentuale di degradazione dei filamenti e deviazione standard per parcelle con “No Tillage”.

I risultati ottenuti evidenziano come il metodo utilizzato sia utile per individuare il diverso impatto che hanno le lavorazioni, i trattamenti e le diverse colture impiegate sul suolo agrario. Si è potuto notare come lavorazioni particolarmente intense o la combinazione di più trattamenti chimici possa avere degli impatti negativi sulle popolazioni microbiche naturalmente presenti nel terreno. Le analisi statistiche sono state condotte con il programma "Statistica" versione 10.

Dall'analisi dei risultati sono emerse le seguenti considerazioni:

- La seta dimostra di essere un indicatore più preciso del cotone presentando valori di deviazione standard minori. Il massimo di degradazione ottenuto è stato 66,04 % (trattato con fosforo) e il minimo è stato -0,63 % (controllo). La seta inoltre risulta essere maggiormente degradata rispetto al cotone.
- Il cotone presenta un massimo di degradazione del 63,73 % (trattato con azoto) e un minimo di degradazione del 10,28 % (controllo). Nove filamenti di cotone non trattati hanno presentato valori di degradazione negativi. Si può ipotizzare che tale "irrobustimento" del filo sia legato alla mobilizzazione di alcune componenti telluriche presenti in particolari tipologie di suolo e alla formazione di concrezioni tali da rendere più rigido il filamento. Questo fenomeno sarà oggetto di ulteriori studi e approfondimenti.
- L'utilizzo dei fertimetri ha permesso di rilevare e quantificare i fabbisogni di fertilizzante azotato e fosfatico. Infatti dal confronto dei valori di degradazione % dei fili non trattati (controlli) con quelli trattati si è notato che quest'ultimi presentavano un grado di degradazione maggiore. Il controllo presentava un valore di degradazione del 16-17 % mentre i filamenti trattati mostravano valori rispettivamente più alti: 22 % per i fili trattati con azoto e 23% per quelli trattati con fosforo.

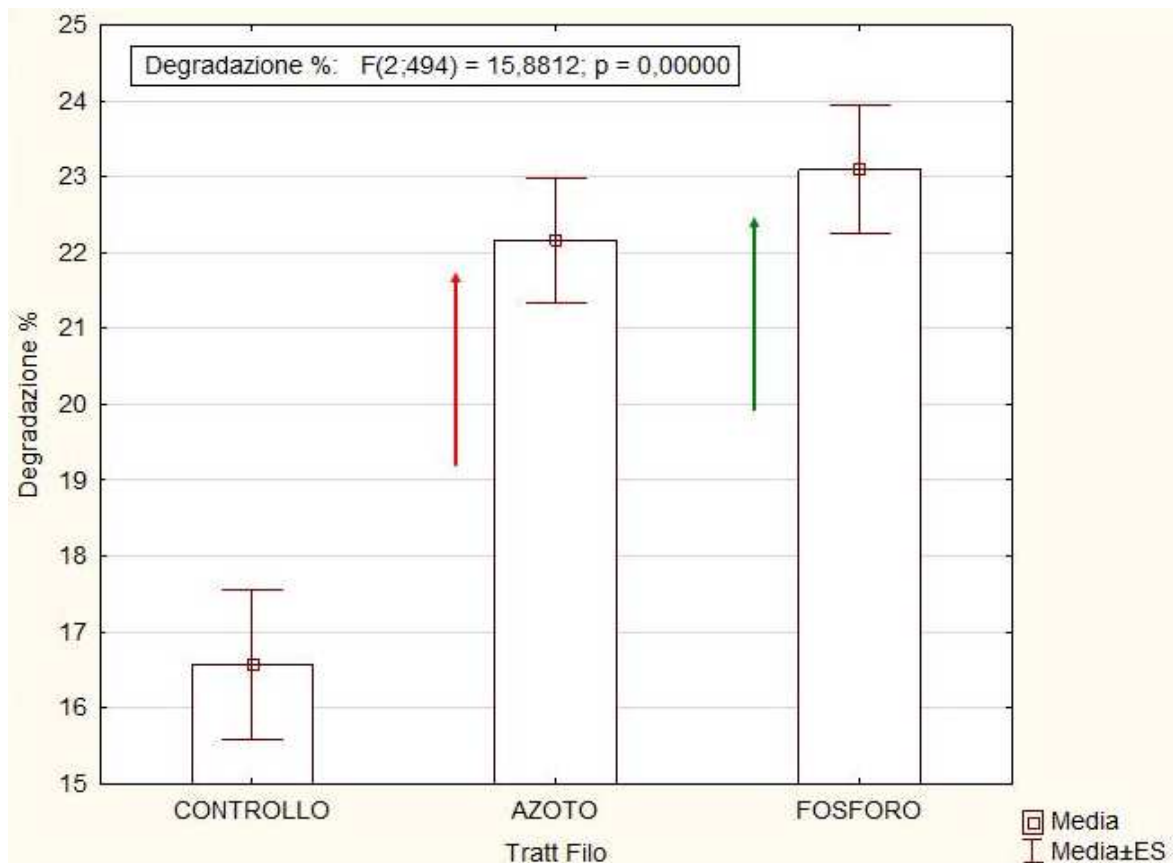


Grafico 31: Degradazione % in base al trattamento del filo.

Il metodo mostra gli effetti del grado di intensità di lavorazione del terreno.

I terreni che non presentano lavorazioni (No Tillage) sono quelli in cui si è registrata maggiore attività microbica (degradazione attorno al 24 %). Al contrario i terreni gestiti con Conventional Tillage (aratura tradizionale) mostrano bassi valori di degradazione, indicando come le lavorazioni abbassino l'attività biologica del suolo. La degradazione in terreni in cui si conducono lavorazioni minime ha valori intermedi (quasi 20% di degradazione).

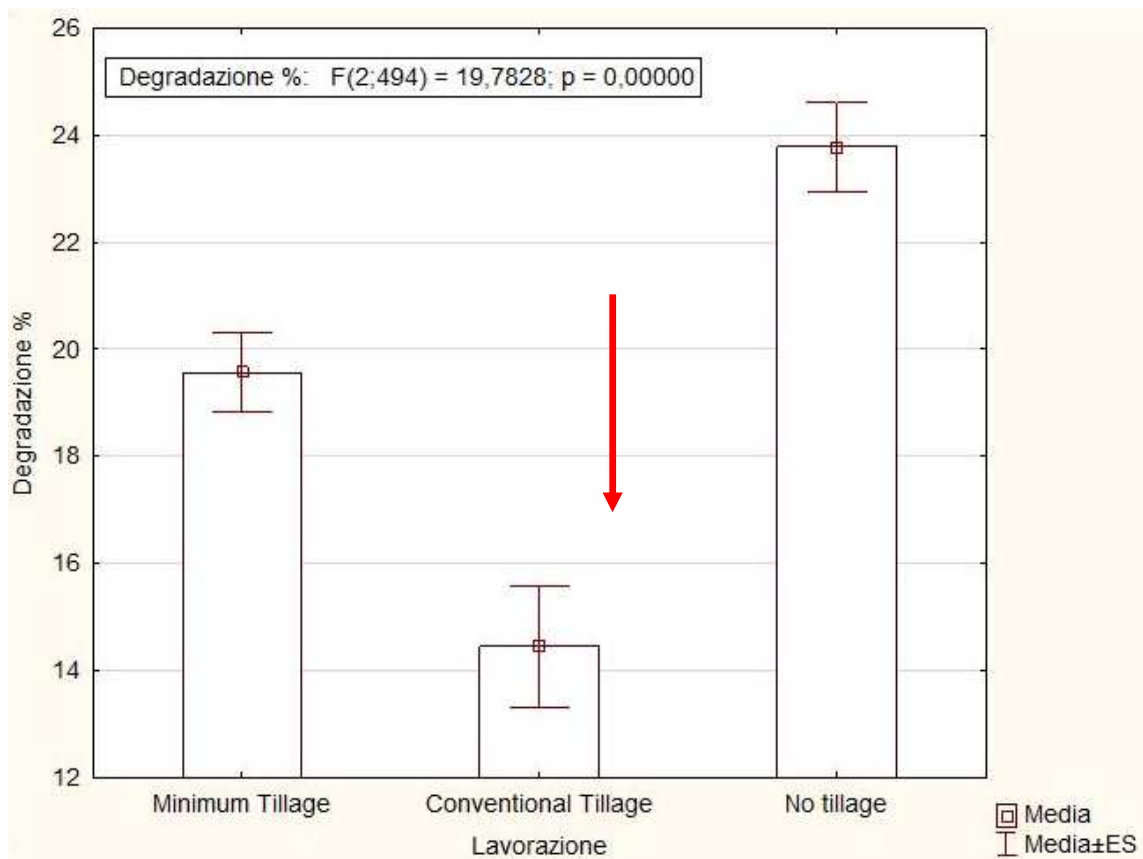


Grafico 32: Degradazione % in base al tipo di lavorazione.

L'impatto negativo dell'aratura in profondità sulla microbiologia del terreno può essere dovuto a molti fattori. L'aratura comporta la rottura dei macro-aggregati che possono avere effetti negativi sulle proprietà chimico-fisiche e biologiche del suolo. L'aratura sconvolge il delicato equilibrio presente nei primi strati del terreno causando l'esposizione all'ossigeno della sostanza organica prima protetta negli aggregati, e con conseguenze dannose per quelle specie di microrganismi che vivono negli stessi in condizioni micro aerofile o anaerobie. A lungo andare le lavorazioni possono provocare una diminuzione della fertilità e un'intensa alterazione delle comunità microbiche.

Il fertimetro ha evidenziato un'attività degradativa differente per le tre colture (frumento, mais, soia).

Nel grafico 33 si può notare che un suolo coltivato a frumento presenta un'attività degradativa minore rispetto a suoli coltivati a mais e soia. Per il frumento la degradazione supera appena il 19% mentre per la soia e il mais è attorno al 22%. Questo indipendentemente dai tipi di trattamenti utilizzati e dal tipo di lavorazioni.

Va osservato che sebbene tutte le parcelle oggetto della prova agronomica qui descritta subiscono negli anni un analogo ciclo di rotazioni colturali, l'effetto registrato dai filamenti è

condizionato prevalentemente dalla coltura in atto e “fotografa” lo stato microbiologico presente.

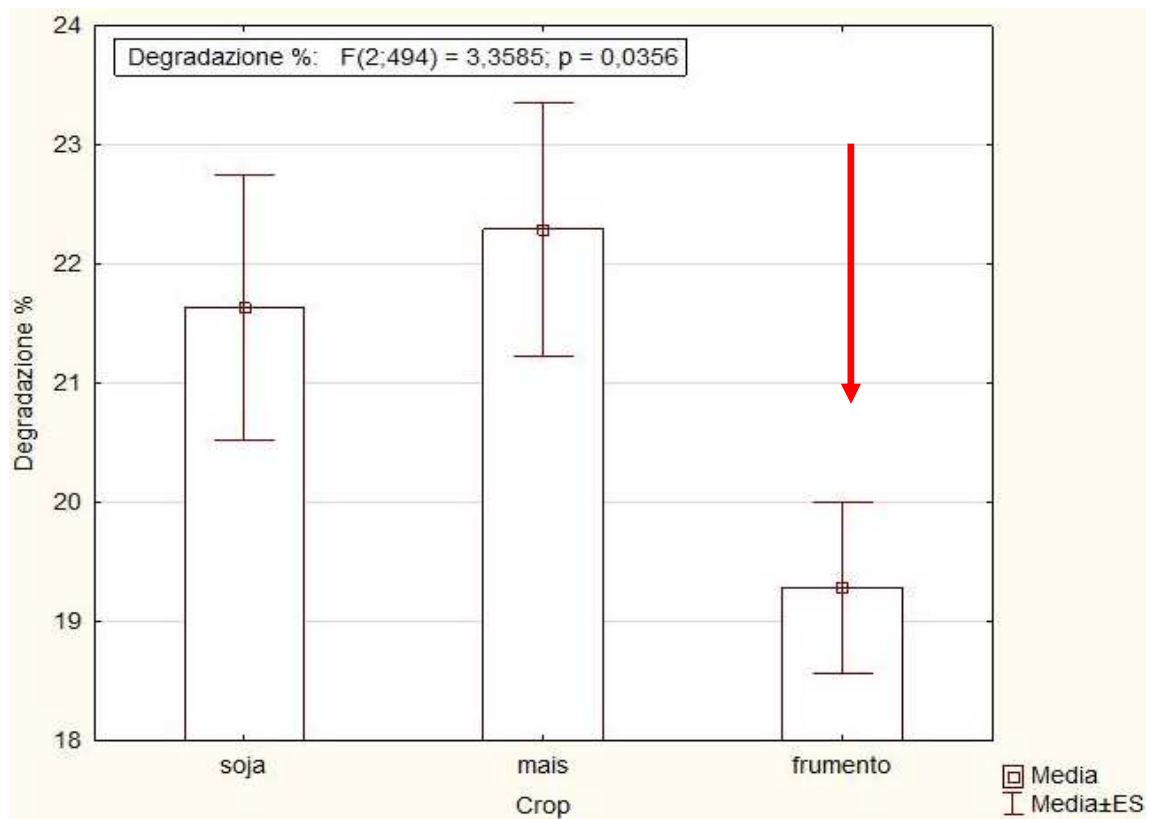


Grafico 33: Degradazione % in base alla coltura.

Si può ipotizzare che il frumento, o più propriamente la serie di tecniche gestionali adottate per la sua coltivazione può aver causato un impoverimento del suolo. La pianta stessa è nota come specie “depauperante”.

- Le parcelle interessate dal frumento, rispetto a quelle coltivate a mais e soia, non hanno solo manifestato un'attività degradativa più ridotta, ma hanno evidenziato minori differenze tra i valori ricavati ponendo a confronto le 3 diverse lavorazioni.

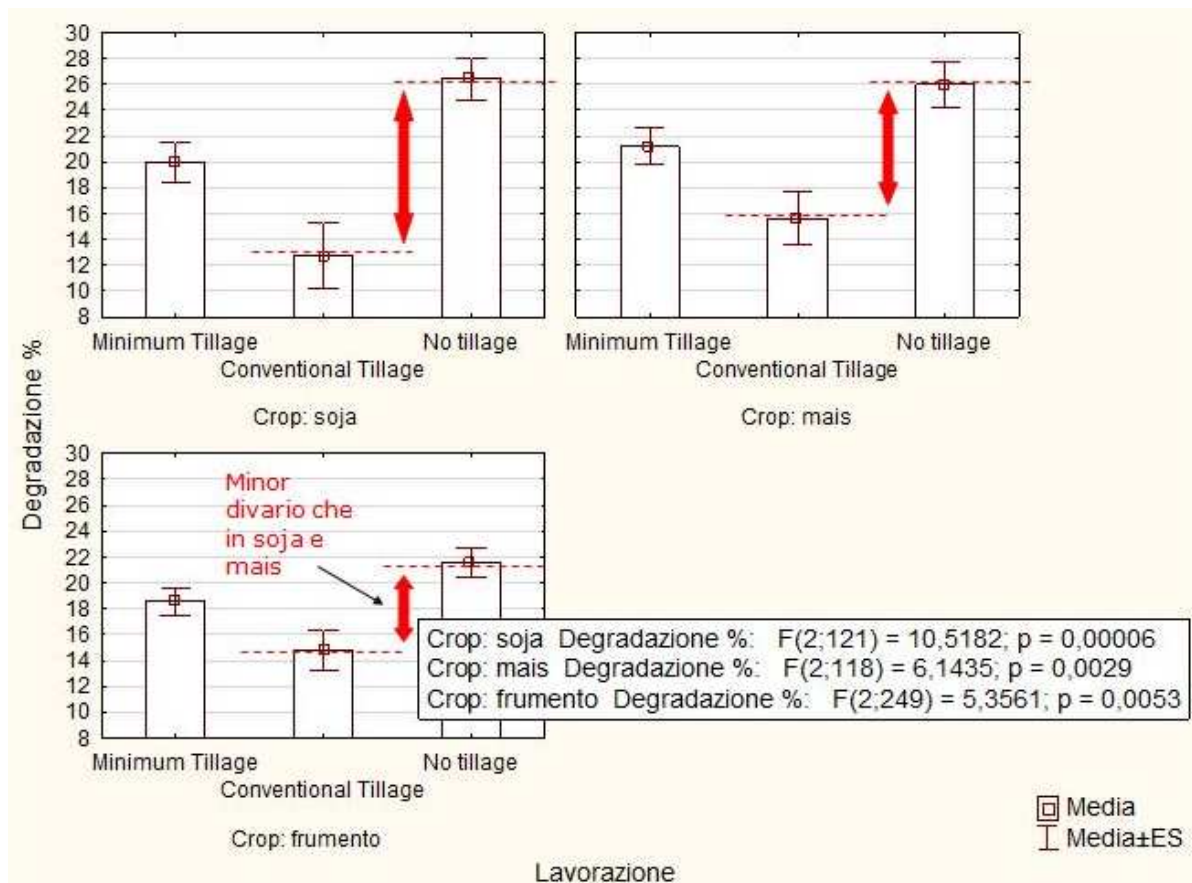


Grafico 34: Degradazione % rispetto al tipo di lavorazione e coltura.

Si è potuto osservare che i suoli coltivati a mais e soja, rispetto al frumento, risentono molto delle lavorazioni profonde con inversione degli strati (Conventional Tillage) mentre per il frumento si nota che i 3 tipi diversi di lavorazione hanno un impatto minore sui valori fertimetrici.

- La ricerca ha permesso di evidenziare l'impatto dell'uso di un prodotto per il bio-controllo (Xurian) e di un antimicotico (Trattamento) e l'effetto additivo della loro combinazione nei diversi sistemi di lavorazione.

Si può notare come la presenza di entrambi i trattamenti deprime l'attività microbica nei suoli con lavorazioni "Minimum Tillage".

La degradazione dei filamenti nei suoli con lavorazioni minime, dove vengono applicati i trattamenti separati, si attesta al 20 % mentre quando è presente la combinazione dei 2 trattamenti la degradazione scende al di sotto del 18 %. Nei suoli privi di lavorazioni del terreno (No Tillage), la combinazione dei 2 trattamenti sembra non sortire alcun effetto. Infatti la degradazione è superiore al 24 %.

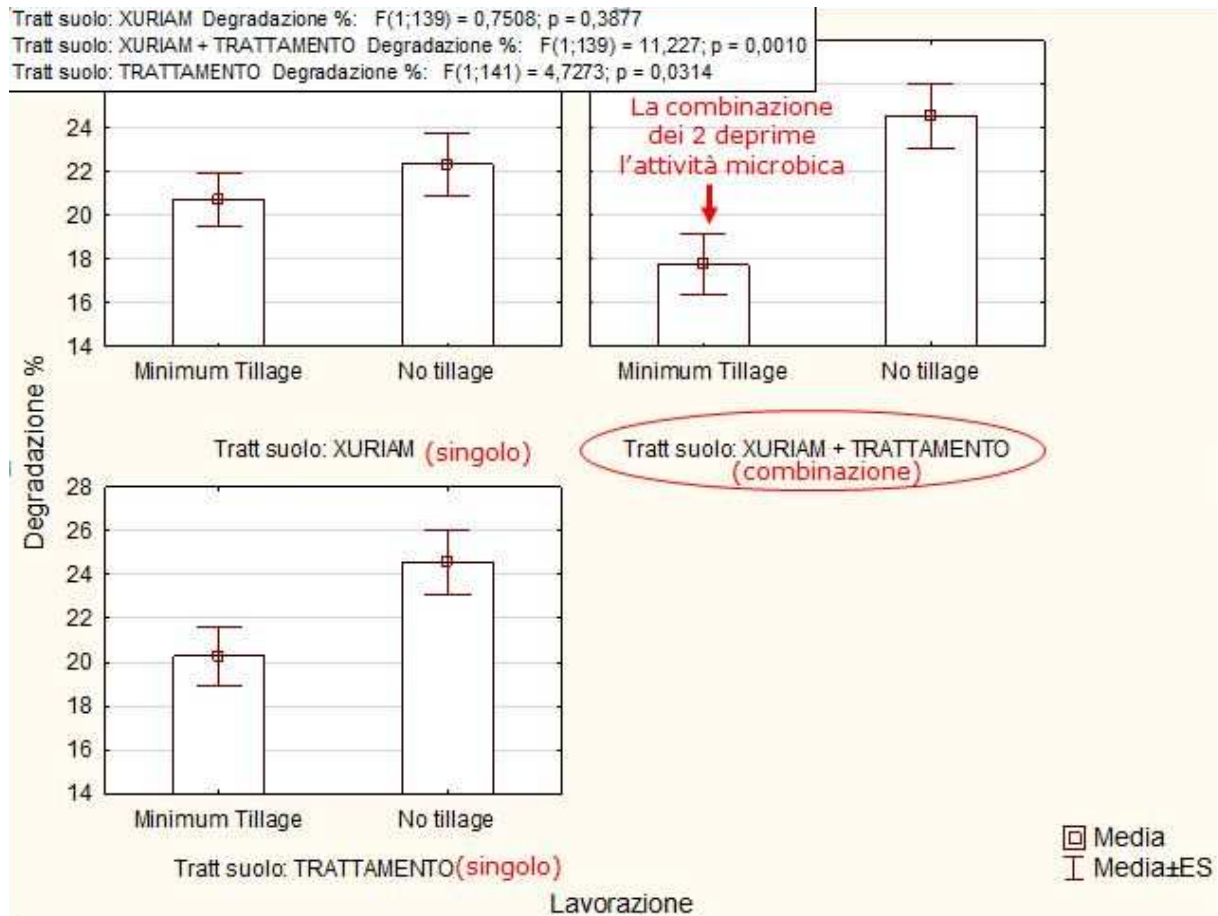


Grafico 35: Degradazione % in base al tipo di lavorazione e trattamento chimico.

Nei terreni mediamente lavorati (“Minimum Tillage”) l’effetto della combinazione dei 2 trattamenti chimici si fa sentire di più rispetto ai terreni non lavorati (“No Tillage”) perché le lavorazioni del “Minimum Tillage” causano anch’esse un impatto negativo sulle popolazioni microbiche presenti.

- Il metodo ha permesso di individuare effetti deleteri delle lavorazioni soprattutto sull’utilizzo dell’azoto.

In suoli non lavorati la degradazione dei filamenti non trattati e trattati si attesta su valori simili (21% controllo, 24% trattato con azoto) mentre nei suoli con lavorazioni la percentuale di degradazione dei fili non trattati è sensibilmente inferiore rispetto a quelli trattati. Per il Minimum Tillage ad esempio il controllo presenta valori di degradazione del 15% mentre i fili trattati con azoto quasi del 24 %.

Per quanto riguarda i fili trattati con fosforo c'è un aumento della degradazione sia nei terreni con lavorazioni sia nei terreni No Tillage dove si raggiungono valori del 26% di degradazione.

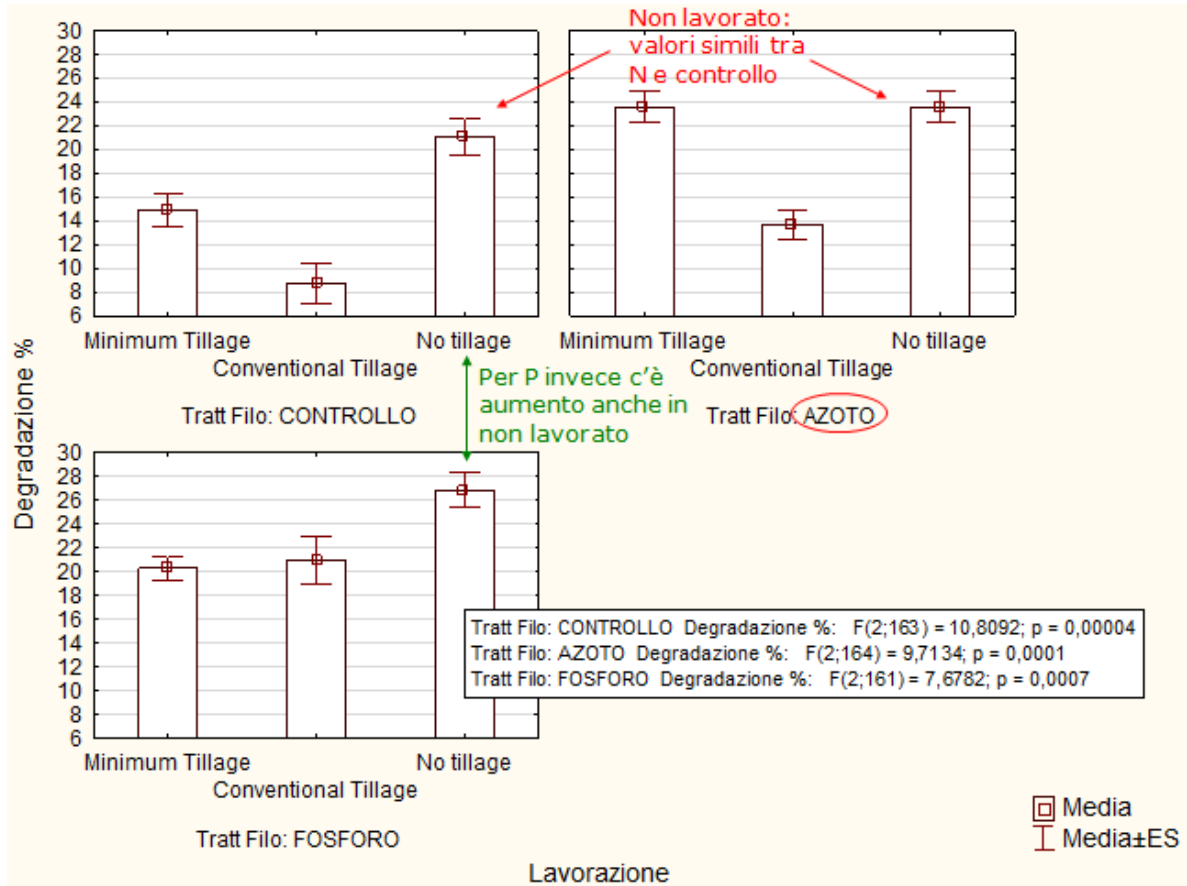


Grafico 36: Degradazione % rispetto al tipo di lavorazione e trattamento dei filamenti.

Le lavorazioni del terreno causano un aumento della perdita di elementi come l'azoto, favorendone l'evaporazione. Nei terreni No Tillage invece è favorita la conservazione di tali elementi per più tempo e per questo non c'è una grande differenza di degradazione tra fili non trattati e fili trattati con azoto. Per il fosforo si deve fare una considerazione a parte. Infatti anche nei terreni dove si svolgono pratiche conservative si registra un sensibile fabbisogno di questo nutriente proprio perché il fosforo è un elemento poco mobile e poco biodisponibile.

- I risultati dimostrano che limitando le lavorazioni si potrebbe risparmiare molto nella somministrazione di fertilizzanti, specie azotati. Inoltre si possono individuare eventuali carenze e agire con la somministrazione di fertilizzanti solo in caso di reale necessità.

Nei terreni con pratiche di Minimum Tillage la differenza di degradazione di filamenti trattati rispetto a quelli non trattati è notevole: di circa 13 punti percentuali per quelli trattati con azoto, mentre per i terreni con No Tillage la differenza è minima, solo 2 punti percentuali.

In particolare la seta risulta essere il filamento indicatore più sensibile rispetto al cotone rilevando soprattutto le carenze di fosforo nel terreno.

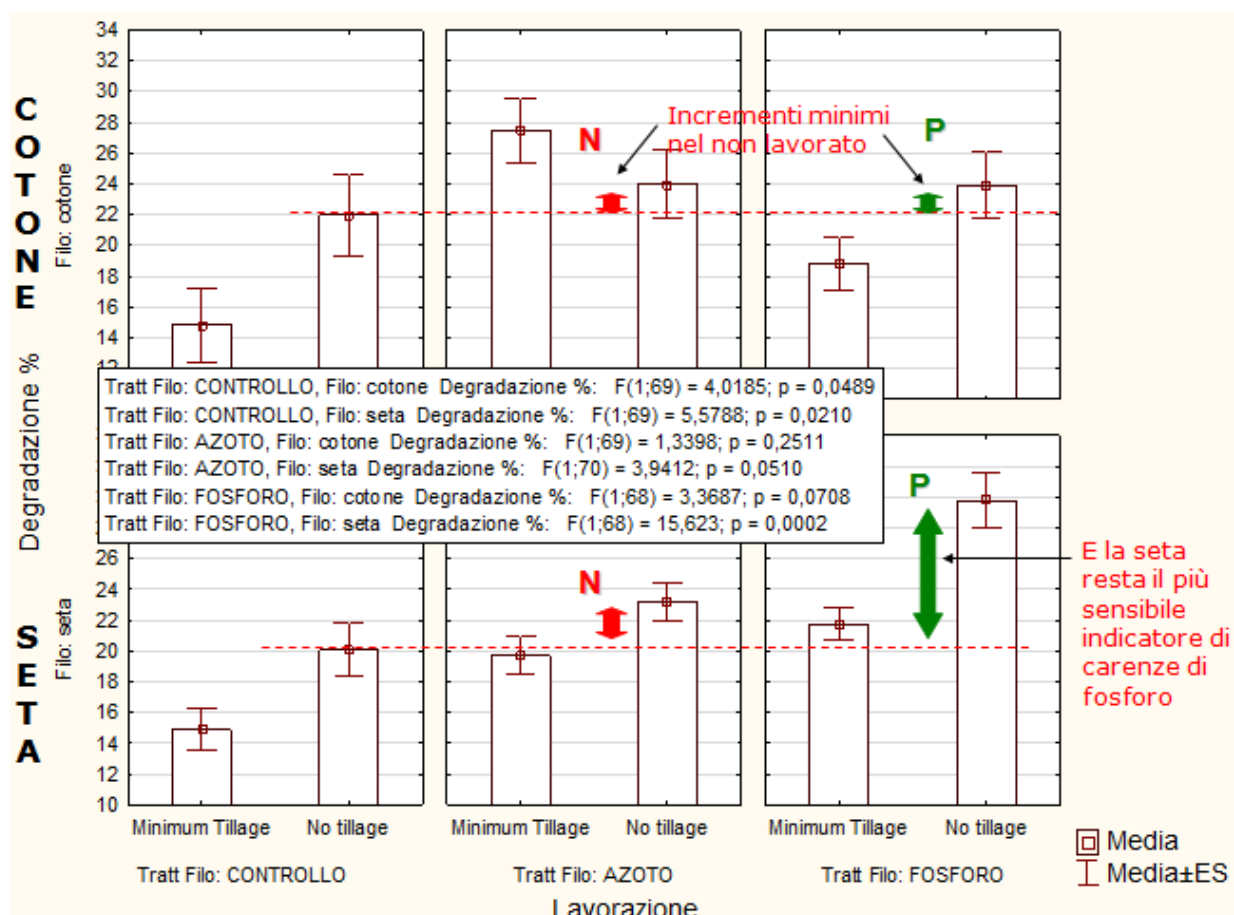


Grafico 37: Degradazione % in base al tipo di lavorazione e trattamento dei fili di seta e di cotone



Figura 30: fotografia satellitare estratta da Google Earth il quale ha scattato le foto la settimana successiva ai rilievi in campo

Considerevole interesse registrerebbe la ripetizione della sperimentazione nell'annata successiva al fine di valutare eventuali mutamenti e influenze.

3.5 Classificazione genomica dei microrganismi

La rilevazione dell'attività dei microrganismi del suolo ha permesso di evidenziare le caratteristiche sia a livello di batteri che di funghi.

	tutti	cluster 1	cluster 2	cluster 3,1	cluster 3,2
Alto	50,00	28,79	51,02	57,14	96,00
Basso	50,00	71,21	48,98	42,86	4,00
Conventional Tillage	14,29	16,67	26,53	0,00	0,00
Minumum Tillage	42,86	36,36	40,82	89,29	12,00
No Tillage	42,86	46,97	32,65	10,71	88,00
Frumento	50,00	59,09	18,37	64,29	72,00
Soja	25,00	18,18	36,73	28,57	16,00
Mais	25,00	22,73	44,90	7,14	12,00
No Tratt* (come Conv)	14,29	16,67	26,53	0,00	0,00
Trattamento	28,57	30,30	12,24	35,71	48,00
Xurian	28,57	24,24	36,73	25,00	28,00
Xurian+ Tratt	28,57	28,79	24,49	39,29	24,00

Tab. 16: quadro riassuntivo della mappatura eseguita per la classificazione batterica in 4 cluster

	tutti	cluster 1	cluster 2	cluster 3,1	cluster 3,2
Alto	100,00	22,62	29,76	19,05	28,57
Basso	100,00	55,95	28,57	14,29	1,19
Conventional Tillage	100,00	45,83	54,17	0,00	0,00
Minumum Tillage	100,00	33,33	27,78	34,72	4,17
No Tillage	100,00	43,06	22,22	4,17	30,56
Frumento	100,00	46,43	10,71	21,43	21,43
Soja	100,00	28,57	42,86	19,05	9,52
Mais	100,00	35,71	52,38	4,76	7,14
No Tratt	100,00	45,83	54,17	0,00	0,00
Trattamento	100,00	41,67	12,50	20,83	25,00
Xurian	100,00	33,33	37,50	14,58	14,58
Xurian + Tratt	100,00	39,58	25,00	22,92	12,50
Casi	100,00	39,29	29,17	16,67	14,88

Tab. 17: quadro riassuntivo della mappatura eseguita per la caratterizzazione comportamentale

Per ciascun campione in esame i dati ottenuti sono stati analizzati ed elaborati in tabelle riassuntive (tab. 16 e 17).

L'analisi è stata eseguita all'interno della regione compresa tra le 100 e le 800 bp con un cut-off di 400 rfu (come intensità di fluorescenza), sono stati così individuati un totale di 132 prodotti di amplificazione differenti e distintivi con una media di 63.5 frammenti di DNA/campione. La tabella 16 riporta il totale di picchi individuati in ciascun campione.

Batteri, Conventional Tillage

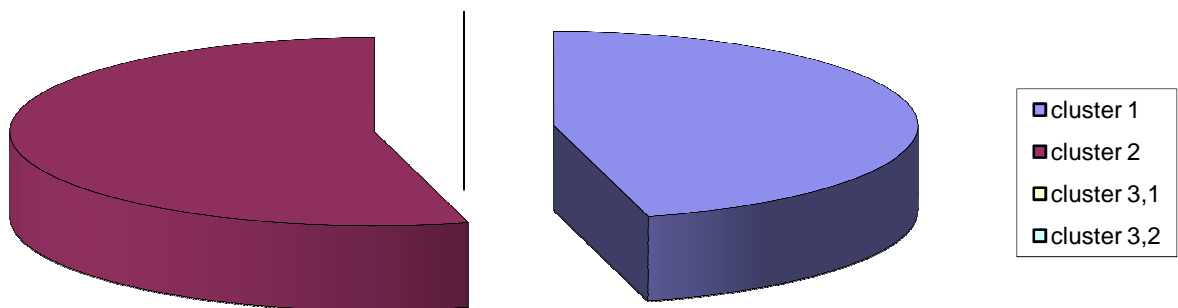


Grafico 38: ripartizione per cluster dei batteri nella lavorazione tradizionale

Batteri, Minimum Tillage

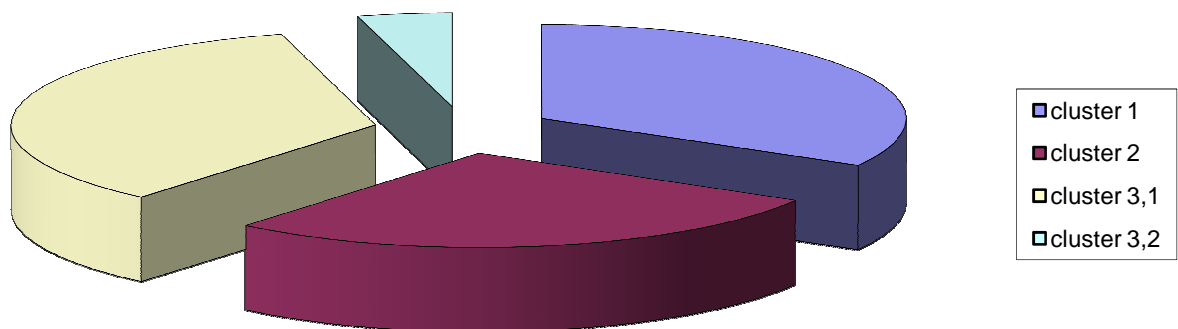


Grafico 39: ripartizione per cluster dei batteri nella minima lavorazione

Batteri, No Tillage

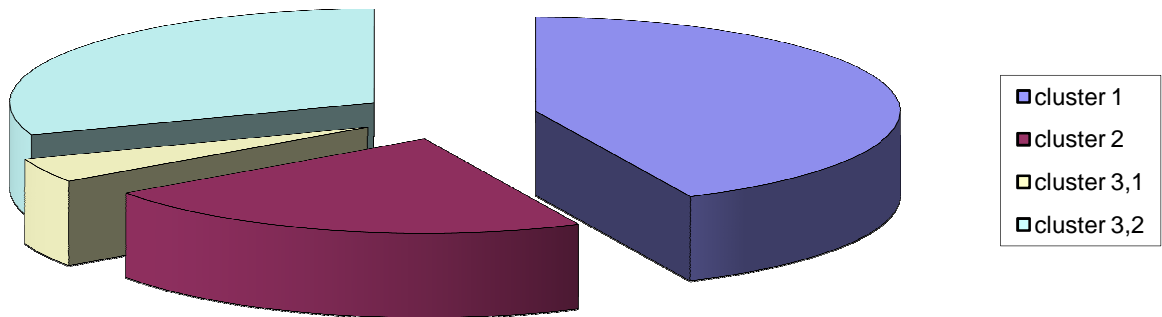


Grafico 40: ripartizione per cluster dei batteri nella non lavorazione

Nei grafici 38, 39, 40 è possibile osservare come i batteri si siano evoluti e selezionati sulla base della lavorazione del suolo applicata, a dimostrazione di un continuo processo di evoluzione a seguito dell'adattamento e specializzazione tipica di un sistema biologico.

Batteri, Frumento

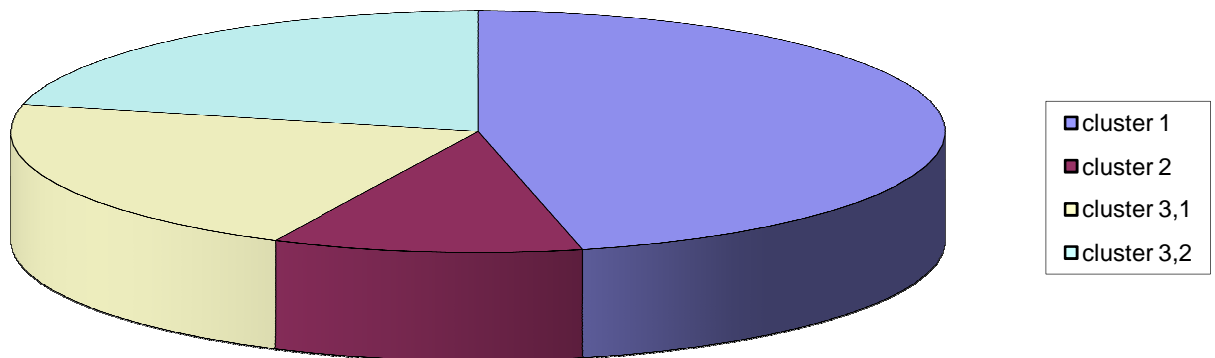


Grafico 41: rappresentazione grafica della distribuzione dei batteri nella coltura del frumento, indipendentemente dalla lavorazione attuata.

Batteri, Soja

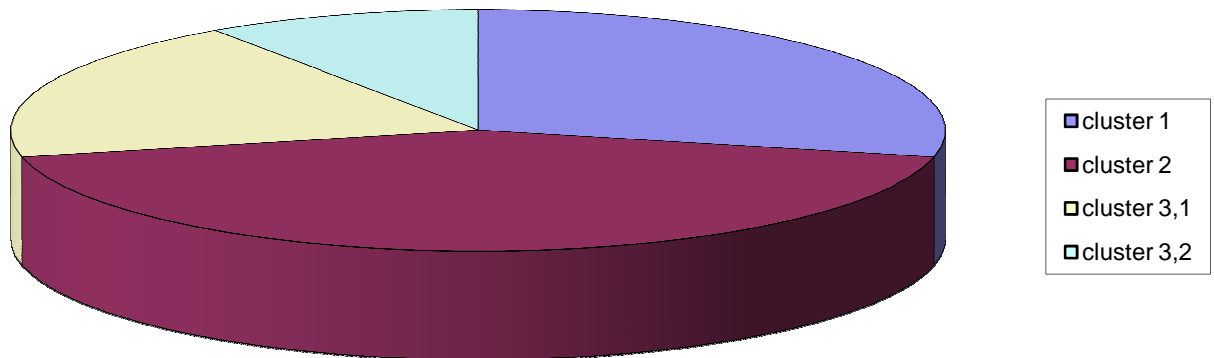


Grafico 42: rappresentazione grafica della distribuzione dei batteri nella coltura della soia, senza riferimento alla tecnica di lavorazione del terreno applicata

Batteri, Mais

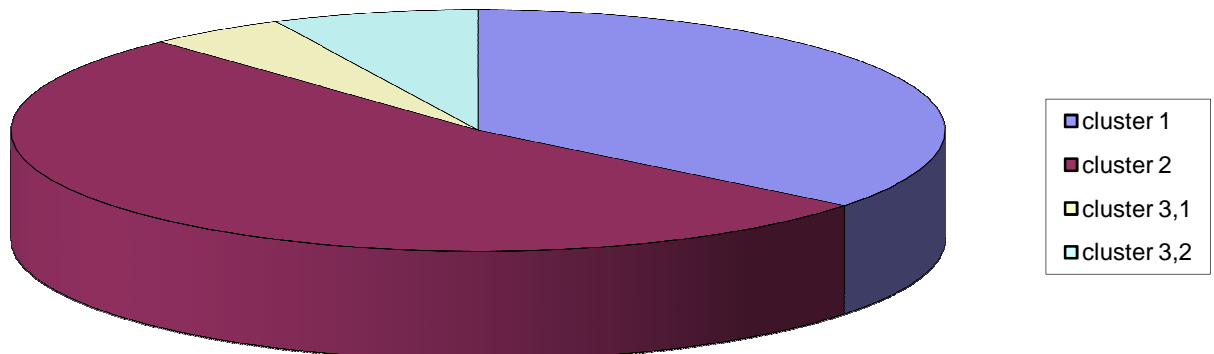


Grafico 43: rappresentazione grafica della distribuzione dei batteri nel mais, indipendentemente dalla lavorazione del terreno applicata

Come nelle lavorazioni, anche per le colture si assiste ad una differenziazione dei cluster. Infatti si osserva una selezione particolare del cluster 1 per il frumento (grafico 41), mentre per la soia e il mais si osserva una selezione per il cluster 2. Tale evoluzione può essere motivata anche dal ciclo colturale, in quanto frumento è una autunno-vernina mentre mais e soia sono delle colture primaverili-estive.

Batteri, No Tratt.

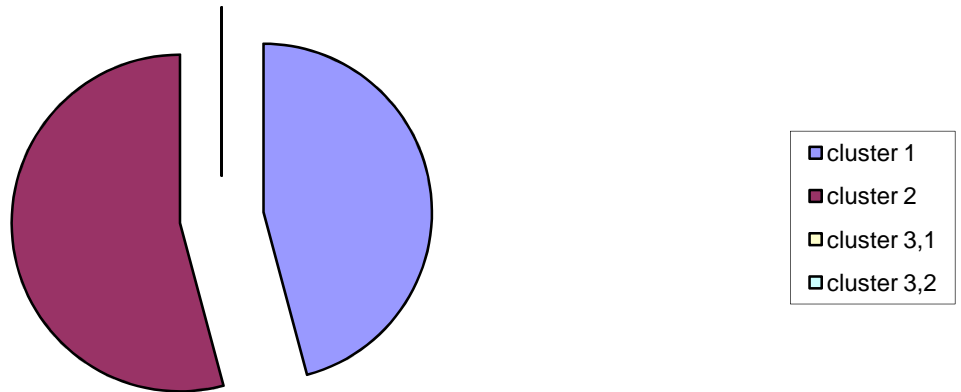


Grafico 44: distribuzione dei batteri sul non trattato

Batteri, Trattamento

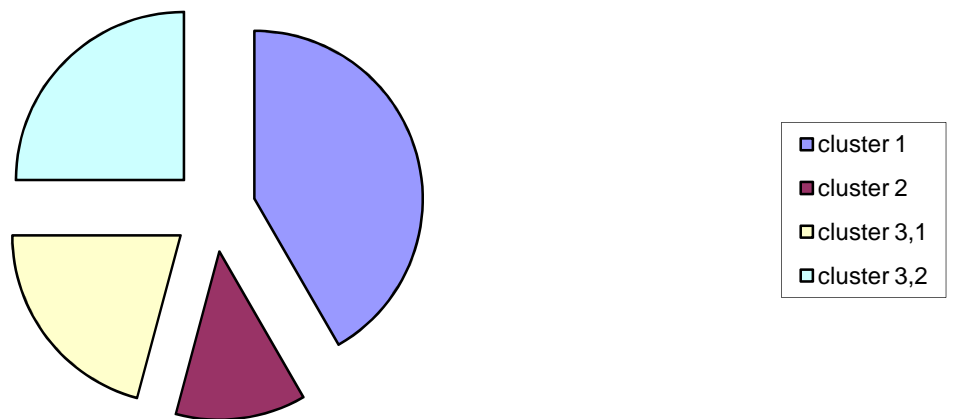


Grafico 45: distribuzione dei batteri nella tesi con trattamento

Batteri, Xurian

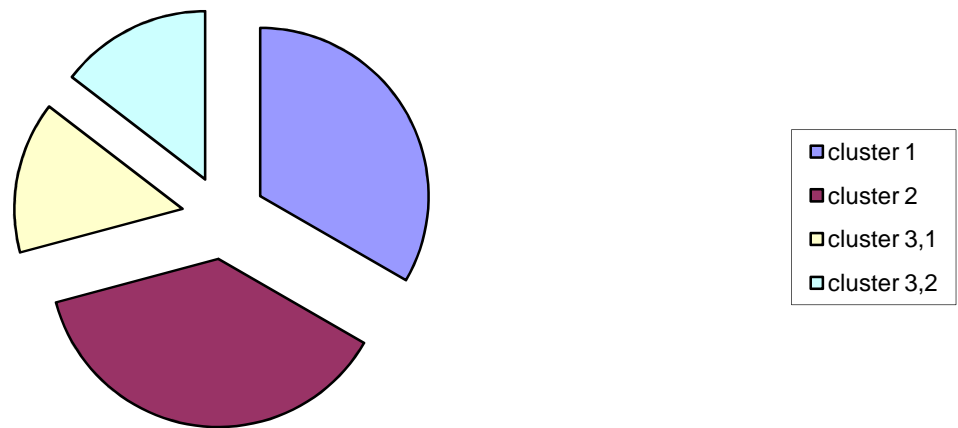


Grafico 46: distribuzione dei batteri nella tesi con Xurian

Batteri, Xurian+Trattamento

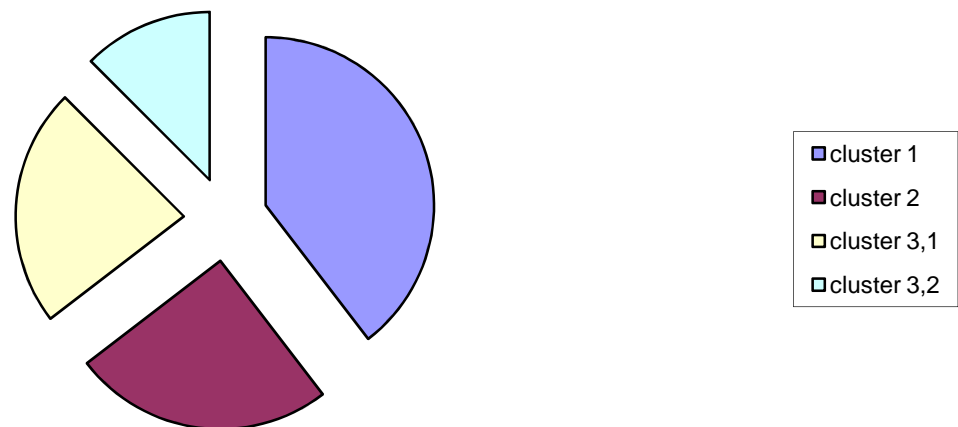


Grafico 47: distribuzione dei batteri nella tesi di combinazione del trattamento fungicida con lo Xurian

Analizzando la ripartizione sulla base delle tesi attuate è possibile osservare che nel non trattato abbiamo una netta prevalenza del cluster 1 e 2 (grafico 44), nel singolo trattamento fungino si ha la prevalenza del cluster 1 per il 41,67% mentre la frazione rimanente è ripartita tra gli altri tre cluster sulla base dei valori riportati in tabella 17 e rappresentati nel grafico 45. Il grafico 46 mostra invece la ripartizione nella tesi con uso dello Xurian ove si registra la prevalenza del cluster 2 con il 37,5%, seguito dal cluster 1 con il 33,3% mentre la frazione rimanente è ripartita tra il cluster 3.1 e 3.2.

La combinazione dello Xurian con il trattamento fungino comporta una prevalenza del cluster 1 (39,5%) seguito dal cluster 2 (25%) dal cluster 3.1 (22,9%) e infine il cluster 3.2 (12,5%).

Batteri Cluster 1, Profondità

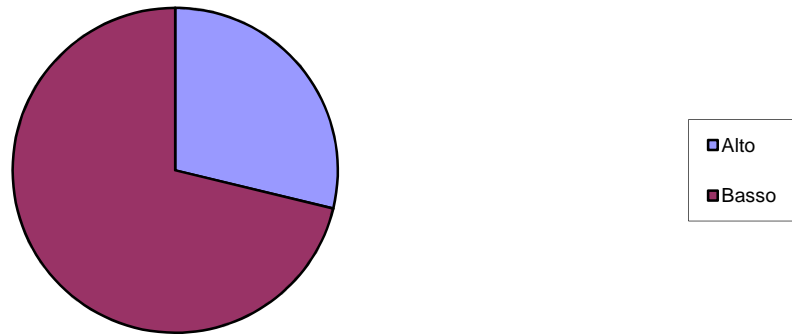


Grafico 48: ripartizione del cluster 1 tra superficie e profondità

Batteri Cluster 2, Profondità

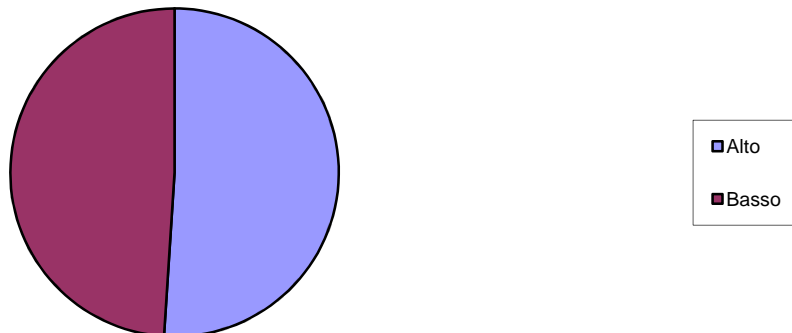


Grafico 49: ripartizione del cluster 2 tra superficie e profondità

Batteri Cluster 3.1, Profondità

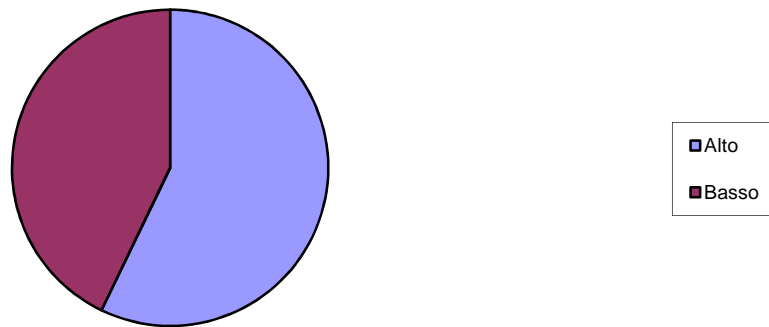


Grafico 50: ripartizione del cluster 3.1 tra superficie e profondità

Batteri Cluster 3.2, Profondità

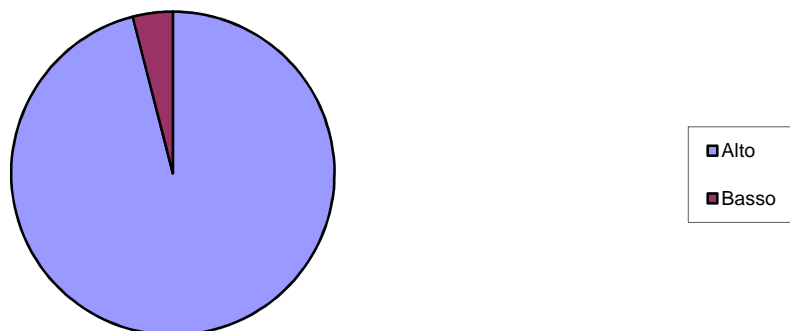


Grafico 51: ripartizione del cluster 3.2 tra superficie e profondità

Il controllo della collocazione spaziale dei singoli cluster, mostra che il cluster 1 (grafico 48) predilige una collocazione in profondità, mentre il cluster 2 si distribuisce omogeneamente sia in superficie che in profondità (grafico 49). I cluster del gruppo 3 si differenziano per una leggera predilezione da parte del cluster 3.1 per la superficie, mentre il 3.2 si colloca quasi esclusivamente in superficie.

Al fine di verificare il grado di diversità genetica tra le popolazioni batteriche presenti nei campioni di suolo analizzati si sono calcolate le distanze genetiche con il software DARWIN. Sulla base di questa distanza è stato costruito l'albero filogenetico con il logaritmo weighted Neighbor-joining; la dissimilarità ottenuta tra i campioni è rappresentata nell'albero mostrato in figura 31.

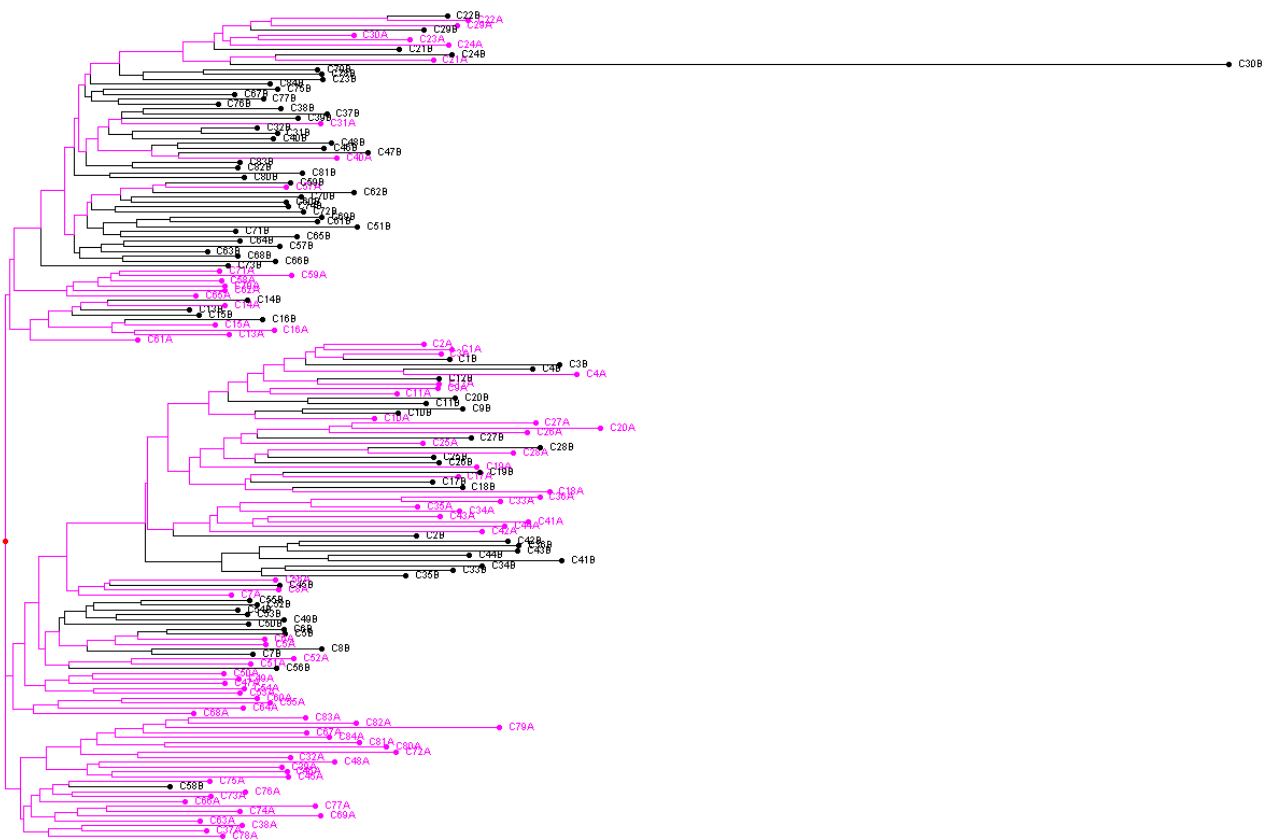


Figura 31: Clustering del set di 168 campioni di suolo basato sui profili ARISA ottenuto dall'analisi della popolazione batterica presente (in fucsia i campioni alti e in nero quelli bassi)

L'albero filogenetico mostrato in figura 31 mostra tre differenti sottoinsiemi in cui si sono raggruppati i 168 campioni, ciascun sottogruppo viene meglio raffigurato nelle figure 32, 33, 34 di seguito riportate:

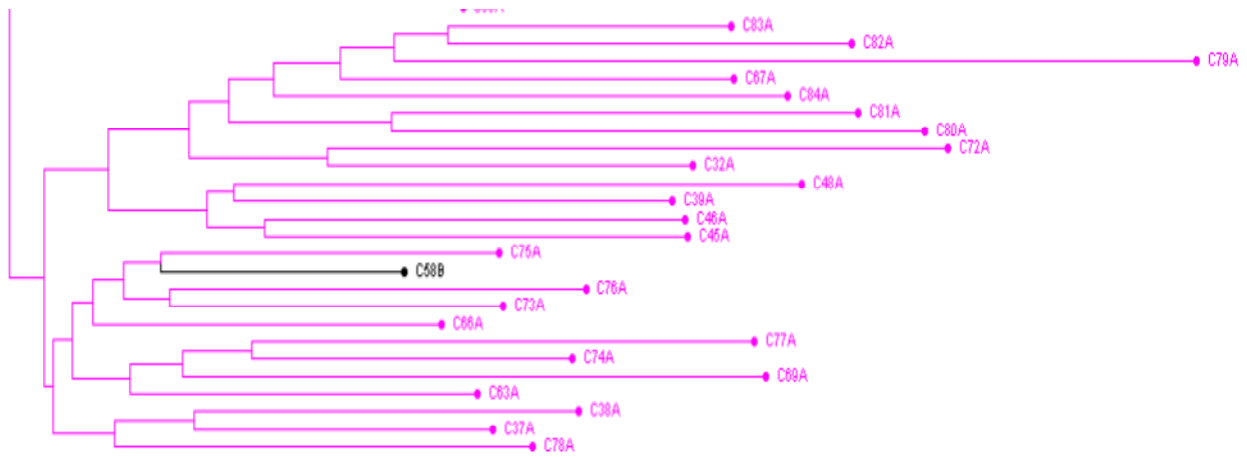


Figura 34: terzo cluster di campioni di suolo basato sui profili ARISA ottenuto dall'analisi della popolazione batterica presente.

Nell'analisi tramite l'ARISA della popolazione fungina tutti i campioni sono risultati amplificabili, per ciascun campione in esame i profili ottenuti sono stati analizzati ed elaborati.

Nel complesso sono stati ottenuti 168 profili per un totale di 87 frammenti di DNA polimorfici di peso variabile da 100 a 800 bp con un cut-off di 400 rfu, e con una media di 27.7 frammenti di DNA/campione.

4. Conclusioni

L'analisi di più fattori colturali ha permesso di evidenziare che la struttura del suolo, la fertilità e attività microbica di quest'ultimo influiscono in modo considerevole sulla produttività delle colture.

Tra le tre colture messe in atto è possibile evidenziare che il mais dimostra di non essere sensibile al cambio dalla lavorazione tradizionale a quella minima mentre nel sodo contrae le produzioni a tal punto da non rendere tecnicamente sostenibile la coltivazione. Il mais come dimostrato è la coltura che meno di tutte supporta il regime a sodo e quindi contrae le rese in modo considerevole anche del 89% a causa della difficoltà nel garantire la corretta germinabilità al fine di ottenere un buon investimento ed il contrasto delle infestanti in particolar modo quelle perenni che asportando elementi nutritivi originando competizione con la coltura.

La soia presenta una non varianza tra la minima lavorazione e l'aratura mentre nella semina diretta si registra una riduzione delle rese al punto da non garantirne la validità economica; causa di tale situazione è la difficoltà nel contrasto delle infestanti, mentre non presenta particolari problemi la fase di germinazione.

Il frumento tenero invece presenta una non variazione delle rese pur cambiando la tecnica di lavorazione del terreno, situazione motivata dal ciclo della coltura la quale essendo autunno-vernino non incorre in particolari problematiche di germinazione ed eventuali fallanze vengono sopperite dalla capacità di accostamento del grano, il successivo decorso della coltura non si differenzia per pratiche dalle altre due tecniche e la copertura totale del campo già dall'inizio dell'inverno ostacola in modo considerevole lo sviluppo delle infestanti.

Influenza sulle rese è esercitata anche dalla compattazione del suolo la quale risulta considerevole nel caso della semina su sodo e più limitata nelle altre due tecniche. Analizzando nel dettaglio i risultati dell'indice di cono per la compattazione e le rese ottenute è possibile affermare che valori sino a 1.5-1.8 MPa nei primi 50 cm di suolo non comportano alcun fattore limitante per le colture e rappresentano la condizione ottimale per le produzioni.

Il monitoraggio sulle condizioni chimiche ha mostrato anch'esso una miglior condizione della componente umica del terreno nella minima lavorazione rispetto alla lavorazione tradizionale comportando un vantaggio produttivo che a lungo termine sarà ulteriormente incrementato a seguito dei naturali processi di umificazione che come noto non sono immediati ma difficilmente influenzabili e prolungati nel tempo.

La determinazione della fertilità ha impiegato una metodologia, basata sull'uso di fibre naturali per valutare l'attività microbica, che si è rivelato utile e ha fornito interessanti risultati.

Sono state messe in luce le differenze tra suoli lavorati e suoli in cui non viene fatta alcuna lavorazione. Indipendentemente dai trattamenti, la degradazione nei suoli "No Tillage" risulta essere maggiore, segno di una più alta attività microbica mineralizzatrice mentre nei suoli lavorati c'è una diminuzione di questa attività e ciò si nota soprattutto nei suoli con lavorazioni tradizionali (Conventional Tillage). Questo metodo di lavorazione consiste principalmente in un'aratura mediamente profonda (a 35 cm) con inversione degli strati, erpicatura e sarchiatura, operazioni che causano aumenti di ossigenazione, ossidazione della sostanza organica e, per quanto riguarda l'aratura, sconvolgimento dei primi strati del profilo con possibili effetti deleteri sulla biomassa microbica e sulle altre componenti del suolo.

Per quanto riguarda i tipi di trattamenti si è potuto notare che la combinazione di XURIAN più TRATTAMENTO diminuisce la degradazione e quindi la fertilità del suolo soprattutto nei terreni con lavorazioni.

Per quanto riguarda la tipologia delle colture e i loro effetti sulla microbiologia del terreno non sono emerse differenze statisticamente significative. È stata riscontrata una diminuzione di attività nei terreni coltivati a frumento. Il frumento è una coltura che copre completamente il terreno, non apporta elementi nutritivi come le colture di leguminose e può impoverirlo.

L'utilizzo dei fertimetri ha permesso di valutare i fabbisogni di fertilizzante azotato e fosfatico, i filamenti trattati presentano in media valori di degradazione maggiore, in particolare i filamenti trattati con fosforo.

La valutazione del suolo sotto il profilo batteriologico e fungino, permette di affermare che esiste la presenza di batteri che si sono specializzati per operare in condizioni specifiche e per la precisione ceppi in grado di operare in superficie e ceppi che operano in profondità. Allo stesso modo esistono ceppi che si sono differenziati per le singole colture le quali a seguito di cicli e tipologia di residuo prodotto e di fertilizzante impiegato, comportano una caratterizzazione.

In conclusione è possibile affermare che tra le tre tecniche monitorate la minima lavorazione senza inversione degli strati al momento attuale rappresenta la miglior soluzione disponibile a seguito delle rese direttamente comparabili con la lavorazione tradizionale, ma anche per un buon profilo della fertilità ed evoluzione chimico

batteriologico in quanto non invertendo gli starti si ottiene una maggior stabilità del profilo humico e una costante presenza e differenziazione del set batteriologico operante.

La lavorazione tradizionale a seguito dell'inversione degli strati comporta un non favorevole profilo di sviluppo della fertilità e allo stesso tempo non favorisce la presenza stabile di un set batterico adeguato, nel contempo è però in grado di assicurare una ottimale decompattazione del terreno permettendo una rapida esplorazione dell'ambiente suolo da parte delle radici e la costante presenza di rese elevate.

La semina diretta o no tillage, è la tecnica che permette più di tutte in assoluto una stabilità dei profili humici, fungini e batteriologici in quanto non intervenendo con nessuna lavorazione è possibile garantire la stabilità necessaria ai naturali processi. Di contro però si registra una crisi del sistema biologico di degradazione e trasformazione dei residui colturali i quali compromettono la fertilità del suolo a seguito di una maggior richiesta di fosforo e azoto non soddisfatta da opportune concimazioni. Tale situazione si ripercuote negativamente sulla produttività delle colture e sulle condizioni del terreno.

La valutazione della funzionalità dello Xurian, come già notato sulle rese, ha considerato anche il profilo della fertilità e della componente fungina e batterica in cui è stato possibile notare nessuna enfaticizzazione dei naturali processi già descritti ed al contrario si nota una depressione delle attività enzimatiche dei batteri al punto da limitare al minimo i processi di degradazione dei residui colturali, in particolar modo sul non lavorato.

In sintesi è possibile affermare che la minima lavorazione rappresenta la tecnica di più immediata e di valida applicazione nell'areale di prova del Polesine sotto tutti i profili considerati, l'uso di sostanze commerciali per il miglioramento delle caratteristiche microbiologiche dei suoli non ha avuto alcun effetto, ed anzi nella tecnica di non lavorazione ha in parte compromesso i naturali processi microbiologici.

5. Bibliografia

Baldoni R., Giardini L., Coltivazioni erbacee, *Patron Editore*, 2000

Ball-Coelho B. R., Roy R. C., Swanton C. J., Tillage alters corn root distribution in coarse-textured soil, *Soil & Tillage Research* n°45, 1998, pp 237 - 249.

Bescansa P., Imaz M. J., Virto I., Enrique A., Hoogmoed W. B., Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain, *Soil and Tillage Research*, 2005

Benvenuti L., Tecnologie meccaniche, *Agricoltura Blu*, pp. 187 – 260.

Bloem, J. et al. (2006) *Microbiological methods for assessing soil quality*, CABI publishing.

Boiffin J., Monnier G., Suppression du labour et erosion hydrique dans le contexte agricole francais: bilan et possibilité d'application des references disponibles, *Simplification du travail du sol*, Ed. INRA, Paris 1994.

Bonari E., Mazzoncini M., Peruzzi A., Ginanni M., Soil erosion and nitrogen loss as affected by different tillage system used for durum wheat cultivated in hilly clayey soil, *Experience with the applicabilità of no-tillage crop production in the west-european countries*, *Wissenschaftlicher Fachverlang*, 1995.

Bonciarelli, F. et al. (1989) *Coltivare conservando. I nuovi sistemi di lavorazione per ridurre l'erosione del terreno*, Edagricole.

Bortolin, E. et al. (1992) *Gestione del suolo per un'agricoltura sostenibile*, Edagricole.

Burges, A. et al. (1967) *Soil biology*, Academic Press.

Burns, R. G. & Dick, R. P. (2002) *Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications*, CRC Press.

Caliandro A., Lavorazioni e caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del terreno., *Ed Panda*, 1997

Carlesso R., Zimmermann F. L., Petry T. M., Da Rosa G. M, De Bona F. D, Kunz J. H, Soil water storage and maize growth and development under two tillage system in southern of Brazil, *ASABE*, n°022185, 2002 .

Cera A., Peruzzi A., Sartori L., Aspetti meccanici, energetici, organizzativi ed economici, *Ed. Panda*, 1997

Cera M., Peruzzi A., Sartori L., Gli attrezzi per la lavorazione del terreno, *Progetto editoriale Panda*, pp. 135-161

Cox W. J., Zobel R. W., Van Es H. M., Otis D. J., Growth development and yield of maize under three tillage system in the northeastern U.S.A., *Soil & Tillage Research* n°18, 1990, pp 295 - 310.

Dick W.A., Durkalski J.T., No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio, *Management of carbon sequestration in soil, Advances in soil science, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, 1997, pp. 59–71.*

Fernandez C. and Quintanilla, Hystoria y evolucion de los sistemas de laboreo el laboreo de conservacion, *Agricultura de conservacion: Fundamentos Agronomicos, Medioambientales y Economicos, Ed Asociacion Espagnola Laboreo de conservacion, 1997*

Garcia O. F., Ciampitti A. I., El nitrogeno en la agricultura argentina: presente y futuro., *Revista tecnica especial Aapresid 2009, pp 35-41*

Germon J. C., Taureau J. C., Thomas J. M., Effects des methods simplifiees de travail du soil sur les transformations de l'azote et leurs consequences sur le lassivage des nitrates, *Simplification du travail du sol, Ed. INRA, Paris 1994.*

Giardini, L. *Agronomia generale*, Patron.Editore Bologna, 1986

Giardini L., *Agronomia Generale, Patron Editore, 2002*

Griffith D. R., Mannering J. V., Galloway H. M., Parsons S. D., Richey C. B.; Effect of eight tillage-planting system on soil temperature; percent stand, stand growth and yield of corn on five Indiana soils, *Agron. J., n°65, 1973, pp 321 – 326*

Guérif J., Richard G., Durr C. Machet J. M., Recous S., Roger-Estrade J., A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment, *Soil & Tillage Research* n°61 (2001), pp. 13-32

Hernanz J.L, Lopez R., Navarrete L., Sanchez-Giron V., Long-term effects of tillage system and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain, *Soil & Tillage Research* n°66, pp 130-141.

Imaz M. J., Virto I., Bescansa P., Enrique A., Fernandez-Ugalde O., Karlen D. L., Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland, *Soil & Tillage research* n°107 (2010), pp 17-25

Jin H., Hongwen L., McHugh A. D., Wenying L., Huanwen G., Kuhn N. J., The adoption of annual subsoiling as conservation in dryland maize and wheat cultivation in northern China, *Soil & Tillage Research* n°94, 2007, pp 493 - 502.

Katupitiya A., Eisenhauer D. E., Ferguson R. B., Spalding R. F., Roeth F. W. Bobier M. W., Long-term tillage and crop rotation effects on residual nitrate in the crop root zone and nitrate accumulation in the intermediate vadose zone, *American Society of Agricultural Engineers, 1997.*

Lobianco, A. et al (1984) *Agricoltura e ambiente. Il problema del XXI secolo*. REDA edizioni per l'agricoltura.

Logsdon S. D., Douglass L. K., Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil and Tillage Research*, n°78, 2004, pp 143 – 149 .

Lopez M. V., Arrùe J. L., Alvaro-Fuentes J., Mret D., Dynamics of surface barley residues during fallow as affected by tillage and decomposition in semiarid Aragon (NE Spain), *European Journal of Agronomy* n°23 (2005), pp. 26-36

Madigan, M. T. & Martinko, G. M. (2007) *Brock. Biologia dei microrganismi*, CEA

Mazzoncini M., Bonari E., Lavorazioni e sostenibilità del sistema colturale. *Ed Panda*, 1997

Mukerji, K. G. et al.(2006) *Microbial activity in the rhizosphere*, Gulf Professional Publishing

Pagliai M., Effetti della lavorazione e non lavorazione sulla porosità di un terreno franco-argilloso investito a vigneto, *Rivista di agronomia*, 1986, pp 178 – 183

Passianoto C. C., Ahrens T., Feigl B. J., Steudler P. A., Carmo B. J., Melillo J. M., Emission of CO₂, N₂O, and NO in conventional and no-till management practices in Rondonia, Brazil, *Biol Fertil Soils*, 2003, pp 200 – 208.

Paul, E. A. (2007) *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. Academic Press.

Reicosky D.C., Tillage induced Co₂ emission from soil, *Nutrient Cycling in Agroecosystem* n°49, 1997, pp 273 – 275.

Rodriguez C., Dinamica de las fracciones organicas, cambios en la disponibilidad de N, P y agua en suelos bajo siembra directa, *Revista Tecnica Especial Aapresid* 2009, pp. 69-74

Sartori L., Peruzzi A., Guida alla scelta ed all'impiego delle attrezzature per la lavorazione del terreno, *Ed agricole*, 1997.

Sartori L., Rota M., Valutazione tecnica ed economica: risultati di prove in campo, *Agricoltura Blu*, 2007, pp. 287- 316

Schneider E. C., Gupta S. C., Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential and aggregate size distribution., *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49, 1985, pp 415 – 422.

Tabaglio V., Mais, *Agricoltura Blu*, 2007, pp. 91- 102

Tebrugge F., Durino R. A., Reducing tillage intensità, a review of results from a long-term study in Germany, *Soil & Tillage Research* n°53, 1999, pp 15 - 28.

Tesi di Cristina Benetti, *Stima dell'attività microbica mineralizzatrice in prove di rotazione e monosuccessione agronomica*. Università degli studi di Padova. Anno accademico 2010-2011.

Tesi di Fabio Marini, *Stima dell'attività microbica mineralizzatrice di vigneti a conduzione biologica e tradizionale*. Università degli studi di Padova. Anno accademico 2010-2011.

Tombesi, L. (1977) *Elementi di scienza del suolo e di biologia vegetale*. Edagricole.

Wang Y., Xu J., Shen J., Luo Y., Scheu S., Ke X., *Tillage, residue burning and crop rotation alter soil fungal community and water-stable aggregation in arable field*, *Soil & Tillage Research* n°107(2010), pp. 71-79

Ward J.K., Arriaga F.J., Balkcom K.S., Kornecki T.S., Bergtold J.S., Price A.J., Raper R.L., *Effects of conservation systems on soil moisture and productivity in Cotton*, *ASABE*, n°061038, 2006

Wilkins D. E., Siemens M. C., Albrecht S. L., *Changes in soil physical characteristics during transition from intensive tillage to direct seeding*, *ASAE*, Vol. 45, pp 877 - 880, 2002

Xiaoli L., Qiuwen C., Zhaoxia Z., *Soybean residues sequestration affected by different tillage practices and the impacts on soil microbial characteristics and enzymatic activities*, *ACTA Ecologia Sinica* n°29, pp. 249-253

Zorita M. D., Durante G. A., Grove J. H., *A review of no-till system and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina*, *Soil & Tillage Research* n°65, 2002, pp 1 - 18.

Ringraziamenti

Il presente elaborato è stato eseguito grazie alla sapiente guida del professor Luigi Sartori, il quale con la sua sapiente pazienza ha saputo coordinare lo svolgimento delle prove in campo e l'elaborazione dei dati sperimentali.

Un ringraziamento a tutti i membri dell'area di ricerca in meccanica, impiantistica ed edilizia del dipartimento TESAF per il supporto, i consigli e la guida durante tutto il dottorato di ricerca, ed in particolar modo ai tecnici Roberto Stivanello, Claudio Nerva e il Dott. Cristiano Baldoin, ai dottorandi Franco Gasparini, Marco Martello, Andrea Pezzuolo, e Marco Bietresato per la collaborazione in campo ed in laboratorio per lo svolgimento della sperimentazione.

Un forte e sincero ringraziamento ai miei familiari che hanno supportato i miei studi con tutte le loro possibilità.

Un grazie anche a tutte le persone che mi conoscono, e che non volendo togliere nulla a nessuno non cito in modo particolare, per l'immensa pazienza ed il rispetto che hanno nei miei confronti.

Sebastiano Pavan