

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Agraria

Corso di Laurea in Produzione Vegetale



**VALUTAZIONE DI PRATICHE DI
AGRICOLTURA BIOLOGICA APPLICATE ALLA
CULTURA DI MAIS “MARANO”**

Relatore: Prof. Marco ACUTIS

**Tesi di Laurea di:
Giovanni Bertazzoli
Matr: n. 708012**

Anno Accademico 2009-2010

..... alla mia famiglia

Sommario

SOMMARIO	3
SINTESI	4
1. INTRODUZIONE	6
2. MATERIALI E METODI	18
2.1. DESCRIZIONE DELLE PROVE	18
2.1.1. <i>Metodo di campionamento</i>	20
2.1.2. <i>Gestione colturale del campo</i>	21
2.1.3. <i>Semente utilizzata – Mais Marano</i>	22
2.1.4. <i>Metodo di irrigazione</i>	24
2.1.5. <i>Dati meteorologici</i>	24
2.2. ANALISI EFFETTUATE.....	25
2.2.1. <i>Analisi del terreno</i>	25
2.2.2. <i>Analisi sulle piante</i>	34
3. RISULTATI E DISCUSSIONE	37
3.1. DATI METEOROLOGICI	37
3.2. ANALISI DEL TERRENO.....	39
3.2.1. <i>Analisi fisiche</i>	39
3.2.2. <i>Analisi chimiche</i>	43
3.3. ANALISI SULLE PIANTE	52
3.3.1. <i>Analisi chimiche</i>	52
3.3.2. <i>Altre analisi</i>	54
4. CONCLUSIONI	57
5. BIBLIOGRAFIA	59
RINGRAZIAMENTI	62

Sintesi

All'agricoltura moderna è richiesta l'adozione di pratiche agronomiche che siano in grado di preservare ed aumentare la sostanza organica nel suolo. Questa infatti, non solo migliora la fertilità dei terreni, la produzione delle piante e la sostenibilità degli agro-ecosistemi, ma svolge anche un ruolo chiave nel ciclo globale del carbonio. La sostanza organica contribuisce al miglioramento della struttura del suolo aumentandone la capacità di ritenzione idrica; funge da serbatoio a lento rilascio di elementi nutritivi e rappresenta il substrato di crescita di tutti i microrganismi terricoli che influenzano i cicli biogeochimici naturali. Il metodo di agricoltura biologica, che ha nell'aumento della fertilità del terreno uno dei suoi fondamenti inderogabili, può essere vista come pratica capace di incrementare e conservare la sostanza organica del suolo.

L'obiettivo di questa tesi è l'analisi degli effetti a lungo termine dell'utilizzo di ammendante compostato verde in un appezzamento gestito con metodologia biologica. Il presente lavoro si è svolto durante l'anno 2009 nel comune di Ospitaletto, in provincia di Brescia. Lo studio ha interessato una coltivazione di mais Marano gestita secondo il metodo biologico e tre appezzamenti adiacenti ad essa, condotti con pratiche di agricoltura tradizionale. Sulla coltivazione di mais Marano, sono state analizzate le principali caratteristiche fisiche e chimiche del suolo: tessitura, densità apparente, azoto ammoniacale e nitrico, azoto e carbonio organico, contenuto in sostanza organica e rapporto C/N. Sulla pianta sono state eseguite analisi riguardanti l'indice di area fogliare (L.A.I.), la produzione granellare e di biomassa totale ed il contenuto in azoto e carbonio organico. Sono state messe a confronto due differenti gestioni della fertilizzazione. La prima tesi (I) ha ricevuto ammendante compostato verde e Dermazoto 11; la seconda (II) solo ammendante compostato verde.

Per valutare inoltre l'effetto dell'ammendante compostato verde sull'incremento della sostanza organica del suolo, l'appezzamento è stato messo a confronto con tre appezzamenti storicamente gestiti secondo pratiche di agricoltura tradizionale.

I risultati ottenuti dalle analisi evidenziano, alla raccolta, un contenuto in azoto totale del suolo più elevato nella tesi I rispetto alla tesi II. Le produzioni di granella e di biomassa sono invece risultate omogenee come anche il loro contenuti in azoto e carbonio. I risultati del confronto tra i quattro appezzamenti ha messo in luce una sostanziale differenza tra il campo gestito con modalità biologiche ed i tre condotti tradizionalmente.

Le pratiche di ammendamento organico previste dal metodo di agricoltura biologica, permettono quindi, nel tempo, un aumento del contenuto di sostanza organica nel suolo, che si traduce in una maggiore fertilità dello stesso.

1. Introduzione

L'agricoltura è fonte prima ed insostituibile dell'alimentazione umana; la sua produttività può essere resa inesauribile a condizione che le fondamentali leggi ed i principali equilibri naturali siano rispettati. I bisogni e le esigenze dell'umanità pare non trovino limiti alla loro crescita: ecco dunque insorgere la pretesa di dover ottenere l'impossibile dall'agricoltura. Perché questi bisogni crescenti trovino soddisfazione, l'uomo ricorre all'uso indiscriminato delle tecnologie a disposizione, spesso in modo confuso e poco responsabile (AA.VV. Lezioni di agricoltura biologica, 1981).

Le pratiche agricole tradizionali utilizzate prima del XX secolo sono generalmente considerate come "biologiche". L'introduzione nella pratica agricola di input ottenuti per sintesi chimica, come l'urea e il DDT, è stata criticata da scienziati e professionisti che ne mettevano in dubbio la sostenibilità. Una parte degli agricoltori ha comunque continuato ad utilizzare i metodi tradizionali, piuttosto che adottare i metodi dell'agricoltura chimica e, nonostante alcuni svantaggi economici, un certo numero di questi coltivatori tradizionali è rimasto competitivo. La scrittrice Rachel Carson con il best seller "*Silent Spring*" del 1962, sensibilizzò l'opinione pubblica circa i problemi ecologici associati all'utilizzo dei prodotti chimici agricoli in generale e, più specificamente, circa l'utilizzo degli insetticidi di sintesi. L'inquinamento idrico derivato dall'uso di fertilizzanti e pesticidi di sintesi unito alle due crisi energetiche del 1970, ha contribuito a fornire incentivi agli agricoltori per ridurre l'utilizzo di prodotti chimici in agricoltura. La domanda dei consumatori, unita alla consapevolezza delle conseguenze delle pratiche agricole moderne, ha portato alla regolamentazione dei pesticidi e, di conseguenza, si è realizzata una crescita del mercato dei prodotti coltivati senza prodotti chimici ed ecologicamente tossici (*Western Region USDA SARE program, 2005*).

Negli ultimi anni stiamo assistendo ad un rapido sviluppo dell'agricoltura biologica, cui ha contribuito anche una maggiore consapevolezza dei consumatori in materia di ambiente e sicurezza alimentare. Anche se solo una piccola percentuale della SAU viene coltivata con pratiche che non prevedono l'uso di prodotti chimici, essa rappresenta una parte integrante di un sistema di agricoltura sostenibile e una valida alternativa ai tipi di agricoltura tradizionali. La stessa politica agricola comunitaria accentua la necessità di un'agricoltura che salvaguardi l'ambiente ed adotti tecniche sostenibili. L'agricoltura biologica non rappresenta più un fenomeno di nicchia, intimamente collegato a contenuti di natura etica o ambientale, ma una

vera e propria modalità di attuazione di una particolare attività economica, ovvero quella del settore primario.

L'agricoltura biologica è definita dal Codex Alimentarius della FAO come un sistema globale di produzione agricola che privilegia la gestione razionale delle risorse interne all'azienda e l'uso limitato degli input esterni a salvaguardia dell'agroecosistema in tutti i suoi aspetti (FAO, 1999).

L'espressione "agricoltura biologica" risale agli anni '30/'40 ed è attribuibile al biologo svizzero Hans Müller (1891 – 1988) che focalizzò l'attenzione dei suoi studi sul ciclo della sostanza organica nell'azienda agraria. In particolare, egli sottolineò l'importanza dell'humus del terreno, il ricorso al compostaggio di superficie e la lavorazione limitata della terra per evitare di alterarne la microflora.

Negli stessi anni in diverse parti del mondo, sorsero i primi movimenti volti a promuovere il metodo biologico-organico. In Italia un rilevante contributo al metodo di produzione biologico è attribuibile ad Alfonso Draghetti, che nella sua opera "Principi di fisiologia dell'azienda agraria" (1948), sottolineò come l'azienda fosse un'entità vivente, con un sistema produttivo e circolatorio biologicamente autonomo, in cui la vera essenza è rappresentata dalla sostanza organica (Draghetti, 1948).

All'inizio degli anni '70 il professor Francesco Garofalo, prendendo spunto da alcune pratiche proposte da Draghetti, arrivò alla definizione del metodo di agricoltura organico-minerale: il fondamento della concimazione è la sostanza organica, elemento indispensabile per una fertilità durevole. I metodi di controllo delle infestanti si basano su rotazioni equilibrate, consociazioni colturali e pacciamatura con segatura, paglia e torba. La difesa delle colture dai parassiti vegetali e animali si attua con sostanze o preparati di origine vegetale e prodotti ammessi come il verderame e lo zolfo bagnabile. Sono esclusi i prodotti tossici, gli antiparassitari di sintesi come fosfororganici e ditiocarbammati (Garofalo, 1969).

Nel 1972 in Germania venne fondato l'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), attualmente il massimo organismo internazionale di rappresentanza dei produttori e consumatori biologici, che cercò di dettare alcune regole sul metodo di produzione biologico, utilizzate in seguito come guida per la legislazione dei vari paesi.

A partire dagli anni '80, grazie alla progressiva crescita di questi movimenti, sostenuta dall'interesse mostrato dai consumatori verso i prodotti derivanti da metodi di agricoltura biologica e da una sempre maggiore sensibilità dei cittadini verso le tematiche ambientaliste, si svilupparono i primi interventi di tipo istituzionale tendenti a regolamentare i criteri necessari per poter certificare i prodotti ottenuti da agricoltura

biologica (Di Stefano et al., 2000). In risposta a tale esigenza, nel 1991 la Comunità Europea emanò il regolamento CEE 2092/91, un intervento normativo che, per la prima volta nella storia dell'agricoltura, disciplinava un metodo di produzione. L'1 gennaio 2009 entra in vigore il nuovo Regolamento CE 834/2007, che definisce come produzione biologica "l'impiego dei metodi di produzione in conformità delle norme stabilite nel presente regolamento, in tutte le fasi della produzione, preparazione e distribuzione". Per quanto riguarda il quadro normativo italiano, la disciplina in vigore è quella europea.

Il Regolamento CE 834/2007 detta gli obiettivi ed i principi generali del metodo di produzione biologico.

La produzione biologica persegue i seguenti obiettivi generali:

a) stabilire un sistema di gestione sostenibile per l'agricoltura che:

rispetti i sistemi e i cicli naturali e mantenga e migliori la salute dei suoli, delle acque, delle piante, degli animali e l'equilibrio tra di essi;

contribuisca a un alto livello di diversità biologica;

assicuri un impiego responsabile dell'energia e delle risorse naturali come l'acqua, il suolo, la materia organica e l'aria;

rispetti criteri rigorosi in materia di benessere degli animali e soddisfi, in particolare, le specifiche esigenze comportamentali degli animali secondo la specie;

b) mirare a ottenere prodotti di alta qualità;

c) mirare a produrre un'ampia varietà di alimenti e altri prodotti agricoli che rispondano alla domanda dei consumatori di prodotti ottenuti con procedimenti che non danneggino l'ambiente, la salute umana, la salute dei vegetali, la salute e il benessere degli animali.

(Regolamento CE 834/2007, Art. 3)

La produzione biologica si basa sui seguenti principi:

a) la progettazione e la gestione appropriate dei processi biologici fondate su sistemi ecologici che impieghino risorse naturali interne ai sistemi stessi con metodi che:

utilizzino organismi viventi e metodi di produzione meccanici;

praticino la coltura di vegetali e le produzioni animali legate alla terra o l'acquacoltura che rispettino il principio dello sfruttamento sostenibile della pesca;

escludano l'uso di OGM e dei prodotti derivati o ottenuti da OGM ad eccezione dei medicinali veterinari;

si basino su valutazione del rischio e, se del caso, si avvalgano di misure di precauzione e di prevenzione;

b) la limitazione dell'uso di fattori di produzione esterni. Qualora fattori di produzione diventino necessari, ovvero non esistano le pratiche e i metodi di gestione appropriati di cui alla lettera a), essi si limitino a:

fattori di produzione provenienti da produzione biologica;

sostanze naturali o derivate da sostanze naturali;

concimi minerali a bassa solubilità;

c) la rigorosa limitazione dell'uso di fattori di produzione ottenuti per sintesi chimica ai casi eccezionali in cui:

non esistano le pratiche di gestione appropriate;

non siano disponibili sul mercato i fattori di produzione esterni di cui alla lettera b);

l'uso di fattori di produzione esterni di cui alla lettera b) contribuiscano a creare un impatto ambientale inaccettabile;

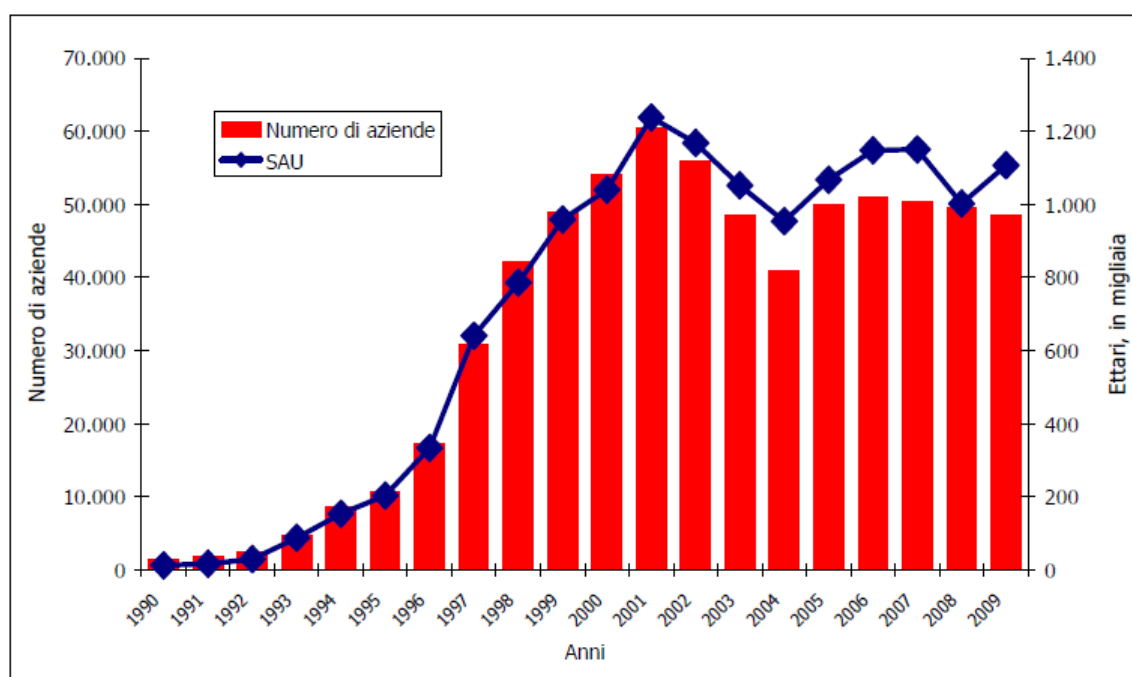
d) ove necessario l'adattamento, nel quadro del presente regolamento, delle norme che disciplinano la produzione biologica per tener conto delle condizioni sanitarie, delle diversità climatiche regionali e delle condizioni locali, dei vari stadi di sviluppo e delle particolari pratiche zootecniche. (Regolamento CE 834/2007, Art. 4)

Il contributo del settore dell'agricoltura biologica è in aumento nella maggior parte degli Stati membri e la domanda dei consumatori è cresciuta notevolmente negli ultimi anni. Le recenti riforme della politica agricola comune, con l'accento da esse posto sull'orientamento al mercato e sull'offerta di prodotti di qualità confacenti alle esigenze dei consumatori, saranno probabilmente un'ulteriore stimolo per il mercato dei prodotti biologici. In questo contesto, la normativa sulla produzione biologica assume una funzione sempre più rilevante nell'ambito della politica agricola ed è strettamente correlata all'evoluzione dei mercati agricoli (Regolamento CE 834/2007).

L'Italia ha un ruolo di primaria importanza nel quadro mondiale delle coltivazioni biologiche: i suoi circa 1.100.000 ettari coltivati a biologico, rappresentano il 3,5% dell'intera superficie mondiale, il 15% di quella europea e ben il 25% di quella dei Paesi del Mediterraneo (MiPAAF, 2010). La posizione centrale nel bacino mediterraneo ha favorito lo sviluppo di centri per la distribuzione proiettati sui mercati del centro e nord Europa. Assieme all'esperienza e alle professionalità consolidate, all'accreditamento internazionale degli organismi italiani di certificazione, alla presenza di centri di eccellenza per la formazione e la ricerca, il primato italiano nel settore biologico può costituire le fondamenta per un nuovo e forte ruolo di leadership del nostro Paese. Le aziende italiane di produzione agricola biologica, che erano solo 4.065 nel 1993, sono arrivate nel 2009 a superare le 48.000 unità.

L'eccezionale tasso di sviluppo ha interessato anche le aziende di trasformazione e commerciali (MiPAAF, 2010).

Dall'analisi completa sulla base delle elaborazioni del SINAB (Sistema d'Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica), al 31 Dicembre 2009 in Italia si contano 48.509 operatori di settore. Rispetto al 2008 c'è stata una riduzione complessiva del numero di operatori del 2,3%. La superficie interessata, in conversione o interamente convertita ad agricoltura biologica, risulta essere pari a 1.106.684 ettari, con un aumento rispetto all'anno precedente circa del 10,4%. (SINAB, 2009).



*Figura 1 - Andamento degli operatori e delle superfici in Italia dal 1990 al 2009
(Dati 1993-2009 MiPAAF)*

Per quanto riguarda le coltivazioni, i cereali coltivati per la produzione di granella coprono una superficie di 251.906 ha, dei quali 145.528 sono relativi a produzioni di grano tenero e grano duro. Il mais biologico viene coltivato su una superficie di 12.788 ha. Riguardo alle colture arboree, l'olivo viene coltivato su 139.675 ha, la vite occupa 43.614 ha e gli agrumi 32.106 ha (SINAB, 2009).

A livello europeo la superficie totale coltivata con metodo biologico risulta di 9.236.758 ha, dato in costante aumento a partire dal 2003 secondo le stime del FiBL (2011 a); a livello mondiale trentasette milioni di ettari di terreni agricoli vengono coltivati con metodo biologico; la superficie mondiale condotta a biologico è aumentata, dal 2008 al 2009, di due milioni di ettari (6%). La quota più grande a livello globale di superficie coltivata a biologico

è in Oceania (33%), seguita dall'Europa (25%) e dall'America Latina (23%). L'Australia è il paese con la più grande superficie agricola biologica (12 milioni di ettari), seguita da Argentina (4,4 di euro ettari) e dagli USA (1,9 milioni di ettari). Circa 1,8 milioni di produttori agricoli utilizzano il metodo di coltivazione biologico; la maggior parte di essi proviene dai paesi in via di sviluppo (2011 b).

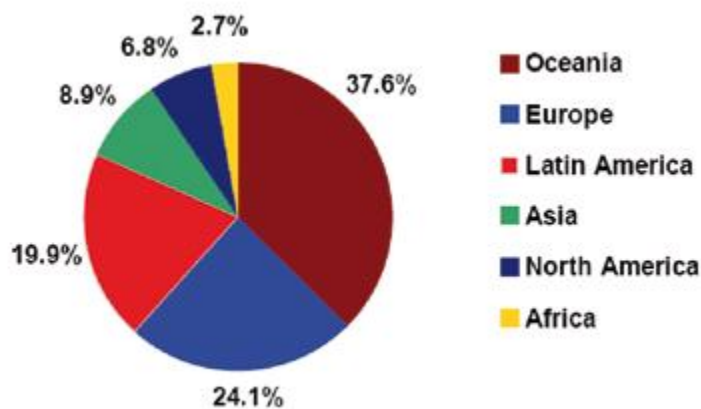


Figura 2 - Distribuzione per continente delle superfici coltivate ad agricoltura biologica nel 2007(IFOAM, 2009)

Tra gli argomenti di grande attualità in tutto il comparto agricolo, c'è quello della tutela della fertilità dei suoli. L'agricoltura intensiva ha permesso l'aumento dei raccolti, ma ha anche introdotto severi problemi ambientali: perdita di fertilità dei suoli, inquinamento delle falde e delle acque superficiali, aumento dei consumi energetici e perdita della biodiversità, dimostrandosi insostenibile (Chiarini e Conte, 2010). Rispetto a quanto indicato nei paragrafi precedenti, il metodo di coltivazione biologico, rappresenta un'alternativa alle tecniche convenzionali, perché risulta essere più efficace nell'aumentare e conservare la dotazione di sostanza organica del suolo, fondamentale per il mantenimento della fertilità.

Il suolo rappresenta una delle risorse naturali primarie nello svolgimento dell'attività agricola. La sua qualità viene valutata in base al suo grado di fertilità, che è strettamente correlato ai processi biologici, fisici e chimici che si svolgono al suo interno.

Quando si affronta la questione fertilizzazione, si dovrebbe partire dall'obiettivo di mantenere, o il più delle volte di incrementare, la sostanza organica nel suolo, come mezzo per migliorare la fertilità fisica, chimica e microbiologica del terreno. Si dovrebbero creare cioè le condizioni affinché i microrganismi terricoli possano attaccare e trasformare la sostanza organica presente ed immessa nel suolo che, con la mineralizzazione, libera elementi nutritivi per le colture. In questo modo, infatti, l'apparato radicale delle piante riesce a

svolgere anche un ruolo attivo nella mobilitazione degli elementi. Un bilancio umico che, dopo qualche anno, chiude in negativo non è assolutamente compatibile con il metodo di agricoltura biologica (Vizioli, 2003).

In termini generali, per sostanza organica si intende quell'insieme di residui di origine animale (mesofauna e microfauna non più vitali) e vegetale (radici, foglie, microflora) in differente stadio di evoluzione (Bongiovanni et al., 1994), contenuta nei terreni agricoli in percentuali (0.5-10%) che variano in funzione dell'accumulo e della velocità di mineralizzazione del materiale organico. La materia organica subisce processi di decomposizione dai quali si originano costituenti primari, non umici, e costituenti secondari dette sostanze umiche; questi composti svolgono nel terreno un ruolo particolarmente significativo di ordine fisico, chimico e biologico.

Per convenzione, i residui vegetali grossolani (radici con diametro superiore ai 2 cm) e i vertebrati edafici non vengono compresi nella sostanza organica del suolo (Violante, 2005).

Il modo migliore per comprendere i motivi per cui il metodo di agricoltura biologica deve prescindere dalla cura e dall'incremento della fertilità del terreno, è ricordare l'importanza delle molteplici funzioni, qui di seguito elencate, che la sostanza organica svolge nel suolo.

La sostanza organica ha un ruolo determinante nella strutturazione del terreno in quanto i composti organici riescono, grazie alle loro caratteristiche colloidali ed alla bassa densità, a trattenere, in modo reversibile per le colture, una notevole quantità di acqua, impedendo che la stessa percoli in strati profondi. Inoltre, la sostanza organica contribuisce all'aggregazione delle particelle minerali, svolgendo un'azione equilibrante tra le componenti del suolo (aria, acqua e particelle solide) indispensabile per l'azione di contenimento ai fenomeni di erosione, compattamento e formazione di croste (Vizioli, 2003).

Per quanto riguarda le proprietà chimiche, la sostanza organica agisce in modo diretto mettendo a disposizione alcuni elementi della fertilità attraverso la sua mineralizzazione e, in modo indiretto, esplicando proprietà chelanti di molti gruppi funzionali (carbossilici, carbonilici, ammidici), riducendo così il rischio di insolubilizzazione dei microelementi. Altra importante funzione di tipo chimico riguarda la reazione del suolo; la decomposizione della sostanza organica determina la produzione di composti acidi che possono provocare la diminuzione del pH e ciò può risultare particolarmente utile nei terreni sub-alcalini ed alcalini. La sostanza organica porta inoltre ad un aumento della C.S.C. del terreno, grazie all'aumento dei siti con cariche negative in grado di adsorbire i cationi. In questo modo una

maggior quantità di elementi nutritivi rimane più a lungo nella zona radicale e può essere utilizzata per tempi maggiori dalle piante (Bongiovanni et al., 1994).

A livello biologico la sostanza organica determina uno stimolo all'azione della microfauna e microflora consentendo uno sviluppo equilibrato degli organismi viventi nel terreno, essenziale sia per la creazione di condizioni ottimali per lo sviluppo dei vegetali (Bongiovanni et al., 1994), sia per la degradazione di composti organici, comprese numerose sostanze di sintesi derivanti da fonti d'inquinamento che potrebbero interferire negativamente sulla crescita delle piante. La sostanza organica svolge anche un ruolo importante nella protezione dell'attività enzimatica del suolo, in quanto la vita degli enzimi extracellulari, prodotti principalmente dai procarioti e da altri microrganismi, sarebbe estremamente limitata in assenza di un adeguato substrato organico (Sequi e Nannipieri, 1989). La sostanza organica costituisce, quindi, il substrato di crescita insostituibile per gli organismi edafici, ai quali fornisce energia e sostanze nutritive e la sua presenza nel suolo è necessaria affinché si compiano i cicli biogeochimici naturali degli elementi.

La sostanza organica presente nel suolo, costituisce l'ultimo anello della catena nel ciclo della materia. Essa ha infatti un ruolo non meno importante di quello che svolgono gli organismi autotrofi. Mentre questi ultimi trasformano la materia organica in composti biologici, grazie ai processi fotosintetici e chemiosintetici, la sostanza organica edafica costituisce il substrato che i microrganismi decompositori utilizzano nel processo di mineralizzazione per formare composti minerali solubili. Se questa fondamentale funzione non venisse svolta, si interromperebbe il ciclo della materia e non sarebbe possibile assicurare la nutrizione delle piante (Spigarolo R., 1990). È stato accertato che l'agricoltura biologica ha effetti benefici sul contenuto organico del suolo, in quanto i terreni coltivati con metodo biologico presentano una quantità di carbonio più elevata rispetto ai terreni condotti con metodologie convenzionali. L'impiego di concimi animali e ammendanti compostati, l'applicazione del sovescio dei residui vegetali e di rotazioni colturali, favoriscono il ripristino della fertilità del terreno, assicurando al suolo un elevato contenuto organico, attraverso processi di decomposizione aerobica. Ciò si traduce in un aumento delle capacità di sequestrare carbonio da parte del terreno con effetti positivi sul contenimento delle emissioni di gas serra. (Niggli et. al., 2007).

Nel comparto agricolo attuale, l'azienda biologica si colloca in una posizione particolare e gioca un ruolo fondamentale nella gestione dell'agroambiente. In generale a tutte le aziende agricole viene richiesto in maniera sempre crescente una minor attenzione alle rese quantitative in cambio di una maggiore sostenibilità ambientale riconosciuta a livello

comunitario; le aziende biologiche giocano però un ulteriore ruolo strategico nella difesa del territorio, nel recupero delle biodiversità vegetali ed animali e non in ultimo, nella ricostituzione e nel mantenimento della fertilità dei suoli agrari. Per l'agricoltore biologico, questo significa restituire la sostanza organica sottratta al terreno per le produzioni vegetali attraverso l'utilizzo di molteplici tecniche agronomiche come ad esempio l'incorporazione dei residui colturali e l'uso dei sovesci, ma anche attraverso l'impiego diretto di sostanze di natura organica. Quest'ultimo aspetto ha rappresentato da sempre uno dei punti deboli dell'agricoltura biologica per le notevoli difficoltà di reperimento sul territorio di sostanza organica soddisfacente le normative previste per l'agricoltura biologica a livello comunitario (CRAB, 2006).

Il positivo contributo del compost impiegato come ammendante nei suoli destinati alla coltivazione di colture erbacee (Centemero et al., 2000), in frutticoltura e viticoltura (Pinamonti et al., 2001) è ormai assodato da innumerevoli prove sperimentali e dimostrative condotte in Italia da diversi centri di studio. Negli ultimi anni si è assistito a un incremento dei quantitativi impiegati in pieno campo su colture estensive, segno tangibile di una maggiore confidenza da parte degli agricoltori verso un mezzo tecnico nuovo, oltre che innovativo, nel vasto panorama dei fertilizzanti. Il miglioramento della qualità dei compost, la potenziale surrogazione di letami e fertilizzanti di sintesi, accanto alla riduzione delle disponibilità di sostanze organiche tradizionalmente impiegate e ai costi dei fertilizzanti di sintesi, hanno contribuito a fare del compost un materiale organico che può entrare a buon grado nei piani di fertilizzazione dell'azienda agraria, qualsiasi sia l'ordinamento produttivo (Centemero, 2002).

L'impiego del compost è ammesso in agricoltura biologica dal regolamento CEE 2092/91.

Il compostaggio è una tecnica attraverso la quale viene controllato, accelerato e migliorato il processo naturale a cui va incontro qualsiasi sostanza organica per effetto della flora microbica naturalmente presente nell'ambiente. Si tratta di un processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica che avviene in condizioni controllate e che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione (Keener et al., 1993). La ricchezza in sostanze umiche, in flora microbica attiva e in microelementi, fa del compost un ottimo prodotto, adatto ai più svariati impieghi agronomici, dal florovivaismo alle colture praticate in pieno campo.

Il processo di compostaggio si compone essenzialmente in due fasi: i) bio-ossidazione, nella quale si ha l'igienizzazione della massa: è questa la fase attiva (nota anche come *high rate, active composting time*), caratterizzata da intensi processi di degradazione delle

componenti organiche più facilmente degradabili; ii) maturazione, durante la quale il prodotto si stabilizza arricchendosi di molecole umiche: si tratta della fase di cura (nota come *curing phase*), caratterizzata da processi di trasformazione della sostanza organica la cui massima espressione è la formazione di sostanze umiche.

L'Europa è leader nel settore ambientale e la sua normativa da decenni spinge il miglioramento della performance ambientale anche in ambiti extraeuropei. I paesi che maggiormente hanno sviluppato il compostaggio e la digestione anaerobica dei rifiuti sono Germania, Paesi Bassi, Austria, Italia e Gran Bretagna. I sistemi italiani di raccolta differenziata dell'organico, basati sul paradigma operativo della "separazione dei flussi" (raccolta intensiva e frequente dello scarto di cucina, estensiva dello scarto verde) si sono posti all'attenzione come quelli in grado di generare i risultati più interessanti in termini di raccolta degli scarti e di costi operativi.

Il compost prodotto nei vari paesi non è di una qualità omogenea in quanto l'assenza di normative nazionali (da una parte) e la diversità delle frazioni trattate (dall'altra) rende difficile l'omogeneità. Nel 2011 si spera che, ai sensi della Normativa Quadro 98/2008, possano essere concordati tra i paesi dell'EU degli "*end of waste standards*" per il compost, al fine di armonizzare i criteri di qualità in vigore in tutti i paesi affinché il compost acquisisca lo status legale di prodotto e cessi di essere rifiuto ovunque.

In Italia nell'arco di circa 15 anni (dal 1993 al 2008) si può affermare che è nato e si è sviluppato un nuovo sistema industriale dedicato alla trasformazione dello scarto organico. Il recupero delle frazioni organiche (verde) e rifiuto biodegradabile da cucine e mense (umido) ha raggiunto 3.340.000 ton nel 2008, rappresentando il 34% della raccolta differenziata globale italiana. Gli impianti di compostaggio hanno prodotto, nel 2008, circa 1.000.000 ton di compost di qualità. Quest'ultimo è classificato dalla normativa vigente come Ammendante Compostato ed è un fertilizzante a tutti gli effetti. Di tutto il compost prodotto, circa il 70% viene utilizzato in agricoltura di pieno campo, mentre il restante 30% viene venduto per trasformazione in prodotti per il giardinaggio e la paesaggistica. Tutto l'Ammendante compostato viene ceduto sul territorio nazionale (CIC, 2010).

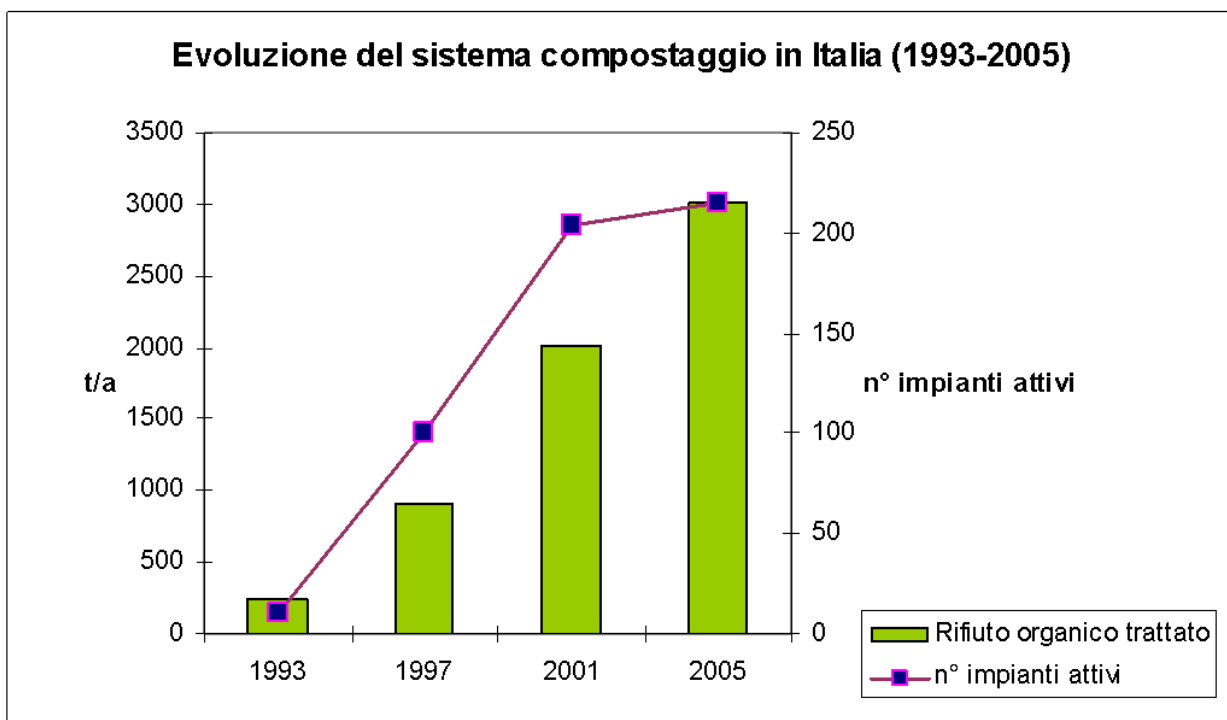


Figura 3 - Evoluzione degli impianti di compostaggio in Italia negli anni 1993-2005

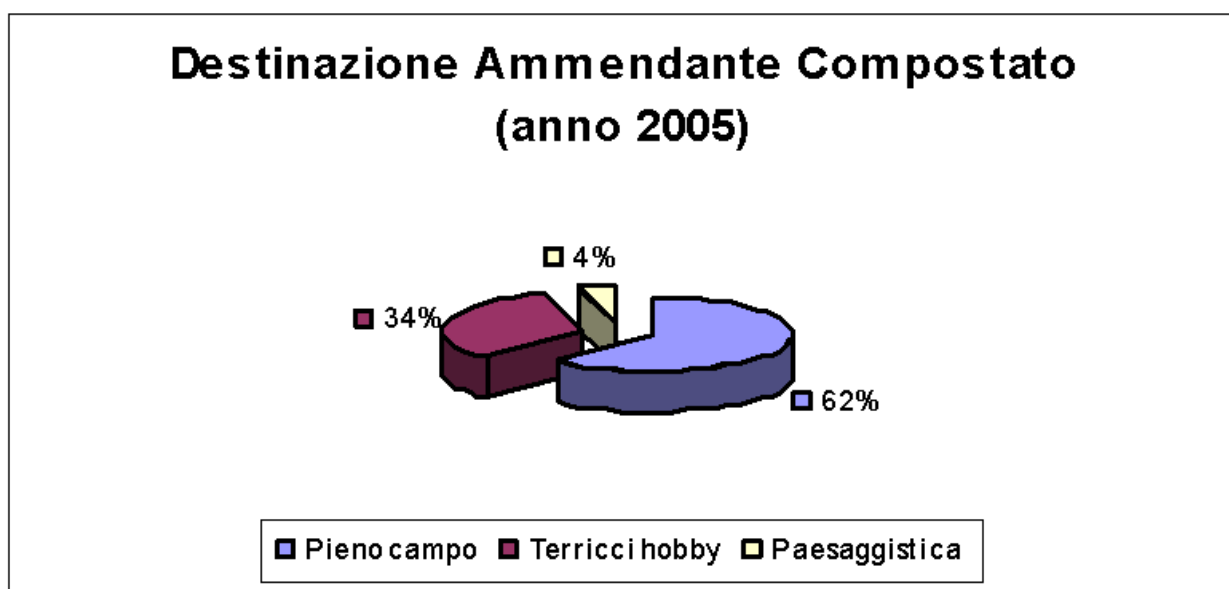


Figura 4 - L'impiego di ammendanti in pieno campo (elaborazione su dati Istat, 2006)

L'uso del compost permette di liberare l'azoto organico in modo graduale, impedendone la lisciviazione. Il compostaggio è una valida soluzione per il recupero e la valorizzazione dei residui organici di qualità, quali gli scarti delle coltivazioni agricole biologiche, riutilizzati così in azienda per reintegrare il contenuto di sostanza organica dei terreni. Va sottolineato, tuttavia, che occorre integrare questa pratica con tecniche agronomiche di salvaguardia della sostanza organica come lavorazioni ridotte e superficiali del terreno, rotazioni ampie e sovesci (Diacono M., Montemurro F.).

Obiettivo:

Il presente lavoro mira ad analizzare gli effetti delle pratiche di agricoltura biologica in una coltura di mais Marano, mettendo a confronto due diverse tipologie di fertilizzazione. Inoltre si è analizzato l'effetto che l'ammendante compostato ha sul contenuto in sostanza organica del terreno, confrontandone i contenuti nell'appezzamento gestito biologicamente e in appezzamenti coltivati con metodologie tradizionali.

2. Materiali e metodi

2.1. Descrizione delle prove

Le prove sperimentali sono state condotte su quattro appezzamenti appartenenti a tre differenti aziende agricole private situate nel comune di Ospitaletto in provincia di Brescia.

L'azienda agricola Fattoria Paradello, ad indirizzo cerealicolo zootecnico, coltiva con metodo biologico una superficie di circa 17 ha. L'appezzamento su cui è stata condotta la prova denominato "Posta", copre una superficie totale di 3,5 ha ed è situato nei pressi della Cascina Grassella, a 7 Km circa dal centro aziendale. Da sei anni viene coltivato con metodo biologico, attuando rotazione di tipo quinquennale. Nel 2007 è stato coltivato a frumento tenero da granella, seguito nel 2008 da pisello da sovescio e nel 2009, anno della prova sperimentale, da mais da granella.



Figura 5 - Veduta del campo "Posta"

L'azienda "Santus" ad indirizzo cerealicolo zootecnico, ha una superficie di circa 30 ha coltivata a cereali. L'appezzamento dell'azienda "Santus", oggetto di questa prova, copre una superficie di circa 3 ha ed è collocato a 1 km dal centro aziendale. Il campo, coltivato a mais da granella, è gestito con metodo tradizionale, viene normalmente fertilizzato con concimi chimici e vengono in aggiunta distribuiti reflui zootecnici (letame e liquame).

L'azienda "Lazzaroni", ad indirizzo cerealicolo zootecnico, ha una superficie totale di 25 ha, viene coltivata a cereali. L'appezzamento interessato da questa prova ha una superficie di 4 ha e si trova a 500 m dal centro aziendale; viene gestito con metodo tradizionale in aggiunta alle normali concimazioni viene ammendato con pollina proveniente dall'allevamento aziendale, ed è coltivato principalmente a mais da granella.

L'azienda "Consoli" ad indirizzo cerealicolo zootecnico gestisce una superficie di 10 ha, coltivata a cereali. L'appezzamento interessato dalla prova, ha una superficie di circa 1 ha e si trova ad 1 km dal centro aziendale; viene gestito con metodo tradizionale ed ammendato con pollina prodotta nell'allevamento aziendale. Nell'anno della sperimentazione era coltivato a mais da granella.

Tutti gli appezzamenti interessati dalla prova sono serviti da un sistema di canali irrigui che consente di gestire l'irrigazione con il metodo per scorrimento.

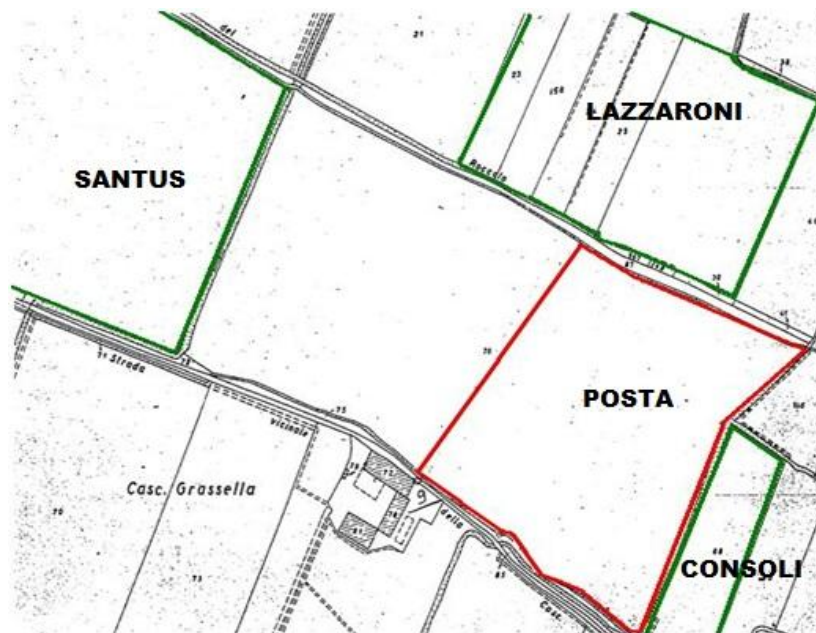


Figura 6 - Cartina dei campi

Nel campo “Posta” si è operato durante il ciclo colturale del mais Marano: sono state create due parcelle fertilizzate in modo differente. Nella prima parcella, denominata Tesi I descritta dai punti di campionamento 1-2-3, si sono distribuiti ammendante compostato in quantità di 20 t ha⁻¹ e Dermazoto 11 in quantità di 0,6 t ha⁻¹. Nella parcella descritta dai punti 4-5-6, denominata Tesi II, si è distribuito soltanto ammendante compostato nella dose di 20 t ha⁻¹. Sugli altri appezzamenti si è intervenuti, al termine del ciclo colturale, per analizzare il contenuto in sostanza organica del suolo.

2.1.1. Metodo di campionamento

Per svolgere le prove nel campo “Posta”, si sono allestite sei postazioni, o punti di campionamento, ove sono stati condotti campionamenti di suolo e di piante e sono state effettuate le misurazioni necessarie per lo svolgimento del programma di analisi. I punti di campionamento sono stati scelti parallelamente al lato lungo del campo, andando ad escludere le parti marginali e alcune zone in cui erano presenti fattori di disturbo.

Sugli altri quattro appezzamenti interessati dalla prova, sono stati eseguiti soltanto campionamenti di terreno effettuati in modalità random, andando sempre ad escludere le zone marginali ed i fattori di disturbo.

I prelievi di terreno hanno considerato un primo strato tra 0 e 20 cm, ed uno più profondo tra 20 e 40 cm. Sui campioni di suolo prelevati sono state prese in considerazione le principali variabili chimiche e fisiche che ne indicano le caratteristiche fondamentali. Sono state svolte quindi analisi di tipo fisico quali: tessitura, densità apparente e contenuto idrico; ed analisi di tipo chimico quali: carbonio organico, azoto totale, azoto nitrico, azoto ammoniacale. I campioni di terreno per le analisi fisiche e chimiche sono stati prelevati alla semina del mais, il giorno seguente la concimazione con Dermazoto 11 della Tesi I, alla fioritura del mais e alla raccolta.

Le piante sono state campionate spostandosi tra le file di mais prossime ai punti prescelti: ne sono state prelevate due per ogni punto di campionamento alla fase di fioritura ed alla raccolta, per effettuare analisi di tipo chimico (determinazione dell'azoto totale e del carbonio organico). Si è intervenuti direttamente in campo per la misurazione del LAI e dell'investimento colturale.

2.1.2. Gestione colturale del campo

In tabella 1 sono riportate le operazioni effettuate sul campo.

OPERAZIONE COLTURALE	DATA	NOTE
Ammendamento con A.C.V.	26/10/08	20 t ha ⁻¹
Aratura	17/02/09	profondità 25 cm
Erpicatura	22/04/09	con erpice a denti fissi; profondità 10-12 cm
Rullatura	23/04/09	
Seconda Erpicatura	24/04/09	Con erpice a denti fissi; profondità 7-8 cm
Falsa semina	04/05/09	Con erpice a denti elastici; profondità 1-2 cm
Semina	08/05/09	5-6 piante m ⁻²
Strigliatura	13/05/09	Con erpice strigliatore profondità 1-2 cm
Prima irrigazione	10/06/09	A scorrimento
Concimazione con Dermazoto 11 (Parcella 1-2-3)	12/06/09	Dose 0,6 t ha ⁻¹
Raccolta	29/08/09	Umidità 29% Resa 5,5 tha ⁻¹

Sull'appezzamento viene apportato, ogni due anni ed in quantità rilevanti (circa 20 t ha⁻¹), ammendato compostato verde, con lo scopo di apportare nuova sostanza organica.



Figura 7 - Distribuzione dell'ammendante compostato

2.1.3. Semente utilizzata – Mais Marano

La semente utilizzata per questa coltivazione proviene direttamente dalla coltura di mais Marano attuata l'anno precedente. Ciò perché, a differenza degli ibridi, il seme del mais Marano, come quello di tutte le varietà locali di mais, può essere utilizzato come semente, raccogliendo e conservando le spighe.

Il Marano è stato costituito verso la fine dell'Ottocento da Antonio Fioretti, agricoltore di Marano Vicentino (Vicenza). Fioretti effettuò l'incrocio tra due varietà locali di mais, il Nostrano locale e il Pignoletto d'oro; dalla successiva selezione del prodotto derivato dall'incrocio ottenne una nuova varietà a cui diede il nome del paese di origine.

Il Marano dimostrò di possedere ottime caratteristiche qualitative, ed anche produttive per quei tempi, divenendo così una delle varietà di mais più coltivate in Italia fino alla metà del secolo scorso, in particolare nel Veneto e in Friuli Venezia Giulia.

In seguito i mais ibridi, più produttivi, sostituirono le varietà locali, relegate oggi in superfici limitate localizzate per lo più in zone marginali. Il Marano trova ancora una discreta diffusione nella fascia pedemontana della provincia di Vicenza e nella sua zona di origine.

Il Marano è una varietà precoce, paragonabile ad un ibrido di classe FAO 300, ovvero con una durata del ciclo vegetativo di 100-110 giorni. La pianta ha un'altezza ridotta rispetto alle varietà attuali e non supera in genere i 2-2,2 metri.

Sulla stessa pianta troviamo due o più spighe di dimensioni contenute (lunghezza 15-20 cm), quasi cilindriche, con tutolo bianco e semi disposti in 12-14 file che, dalla base alla punta della spiga, assumono un orientamento tendenzialmente a spirale. Il seme è piccolo, vitreo, lucido e di colore arancio.

Per la sua precocità e limitata produttività il Marano si adatta bene anche ad ambienti marginali (collina e fondovalle) e alla coltivazione con metodo biologico. Si semina da metà aprile alla fine di maggio su file distanziate 75 cm va posto un seme ogni 30-35 cm nei terreni poco fertili e non irrigui e ogni 20-25 cm in quelli fertili ed irrigui. La produzione varia indicativamente dalle 3,5 alle 5 tonnellate per ettaro, in funzione della fertilità del terreno e della tecnica di coltivazione.

Come tutti i prodotti tipici anche il mais Marano è oggetto di un rinnovato interesse da parte dei consumatori, dei coltivatori e delle istituzioni. Questo ha portato, con il supporto tecnico dell'Istituto «N. Strampelli» di Lonigo (Vicenza), alla costituzione del Consorzio di tutela del mais Marano che si occupa della conservazione della varietà, della produzione della semente e della promozione del prodotto. La farina di mais Marano è iscritta nell'Elenco nazionale dei prodotti agroalimentari tradizionali, normato dal Decreto Ministeriale 18/07/2000 e successive revisioni. (U. Grigolo, 2007)



Figura 8 - Spiga di Mais Marano

2.1.4. Metodo di irrigazione

Nel campo “Posta” si utilizza il sistema d’irrigazione per scorrimento: con questo metodo l’acqua scorre sulla superficie del suolo da irrigare e nel contempo si infiltra. Il campo presenta una leggera pendenza per favorire lo scorrimento dell’acqua, che viene immessa sul terreno da un’adacquatrice posta sul lato alto. L’appezzamento non presenta il canale colatore sul lato più basso.

Le acque sono distribuite sul campo da una turbina “Veneroni” modello AT 25/3 da 220 l/s collegata alla presa di potenza di una trattrice.

2.1.5. Dati meteorologici

I dati meteorologici sono stati misurati con una stazione del Centro Agrometeorologico Provinciale della Provincia di Brescia, posta a Rodengo Saiano (BS; Lat. 50°49’7’’66, Lon 15°87’6’’75, quota 160 m.s.l.m.) attiva dal 28/11/1994 e distante circa 10 km dal luogo di sperimentazione. I dati di temperatura massima e minima dell’aria sono acquisiti ogni ora mentre i dati relativi alle precipitazioni sono registrati giornalmente.

2.2. Analisi effettuate

I dati ottenuti durante questa sperimentazione riguardano variabili chimiche e fisiche del terreno, delle piante di mais e della granella prodotta. Le analisi sono state svolte presso i laboratori del Dipartimento di Produzione Vegetale della Facoltà di Agraria, sezione Agronomia (Di.Pro.Ve.); i dati riguardanti LAI, la valutazione dell'investimento colturale e la densità apparente del suolo, sono stati registrati in campo.

2.2.1. Analisi del terreno

2.2.1.1. Analisi Fisiche

2.2.1.1.1. Contenuto idrico

Il contenuto idrico del suolo (SWC; Soil Water Content) viene definito come rapporto tra la massa dell'acqua nel suolo e la massa del suolo secco.

Il prelievo dei campioni per determinare il contenuto idrico è stato eseguito utilizzando una trivella manuale metallica lunga circa 120 cm, con profilo di taglio sub-conico lungo 15 cm e largo mediamente 3 cm. Per l'analisi di questa variabile sono stati estratti, per ogni punto di campionamento, due sub-campioni di terreno per le profondità comprese tra 0 - 20 cm e 20 - 40 cm.

Appena prelevati, i campioni sono stati posti in un contenitore ermetico e successivamente in una borsa frigo per evitare l'eventuale evaporazione dell'acqua e la variazione delle caratteristiche più suscettibili alla temperatura. In laboratorio, per ogni campione prelevato, è stato determinato il peso del terreno fresco con bilancia a tre decimali. Successivamente gli stessi campioni sono stati posti ad essiccare in stufa a 105°C sino a peso costante. La differenza tra peso fresco e peso secco del terreno, rapportata a quest'ultimo e moltiplicata per 100, esprime il peso dell'acqua presente nel campione al momento del prelievo, come percentuale del peso del terreno secco.



Figura 9 - Materiali utilizzati per i campionamenti di terreno

2.2.1.1.2. Tessitura

La tessitura, o granulometria, è la ripartizione percentuale degli aggregati che, nel loro insieme, compongono e caratterizzano un suolo. In questa sperimentazione il metodo utilizzato per l'analisi tessiturale è quello termo-gravimetrico, che utilizza come strumento operativo principale *l'apparecchio di Andreasen*, o levigatore. Per questa analisi si è adottato il procedimento descritto nel “Metodo Ufficiale n°V – D.M. n°. 79 del 11/05/1992”



Figura 10 - Levigatori in serie durante le analisi della tessitura

I campioni utilizzati per questa analisi sono stati prelevati durante la fase di semina, tramite carotaggi effettuati con la trivella manuale sopra descritta. I prelievi di suolo sono stati eseguiti alle profondità comprese tra 0 e 20 cm e tra 20 e 40 cm con varie repliche per ogni punto di campionamento, aggregando poi, per ogni profondità, i sub-campioni prelevati.

La divisione delle classi tessiturali adottata è quella definita dall'*U.S.D.A. (United States Department of Agriculture)* che suddivide i componenti della terra fine (cioè tutti i componenti del terreno con diametro inferiore ai 2 mm) in 5 classi tessiturali:

Classe Tessitoriale	Diametro particelle
Sabbia grossa	2 mm - 200 μm
Sabbia fine	200 μm - 50 μm
Limo grosso	50 μm - 20 μm
Limo fine	20 μm - 2 μm
Argilla	< 2 μm

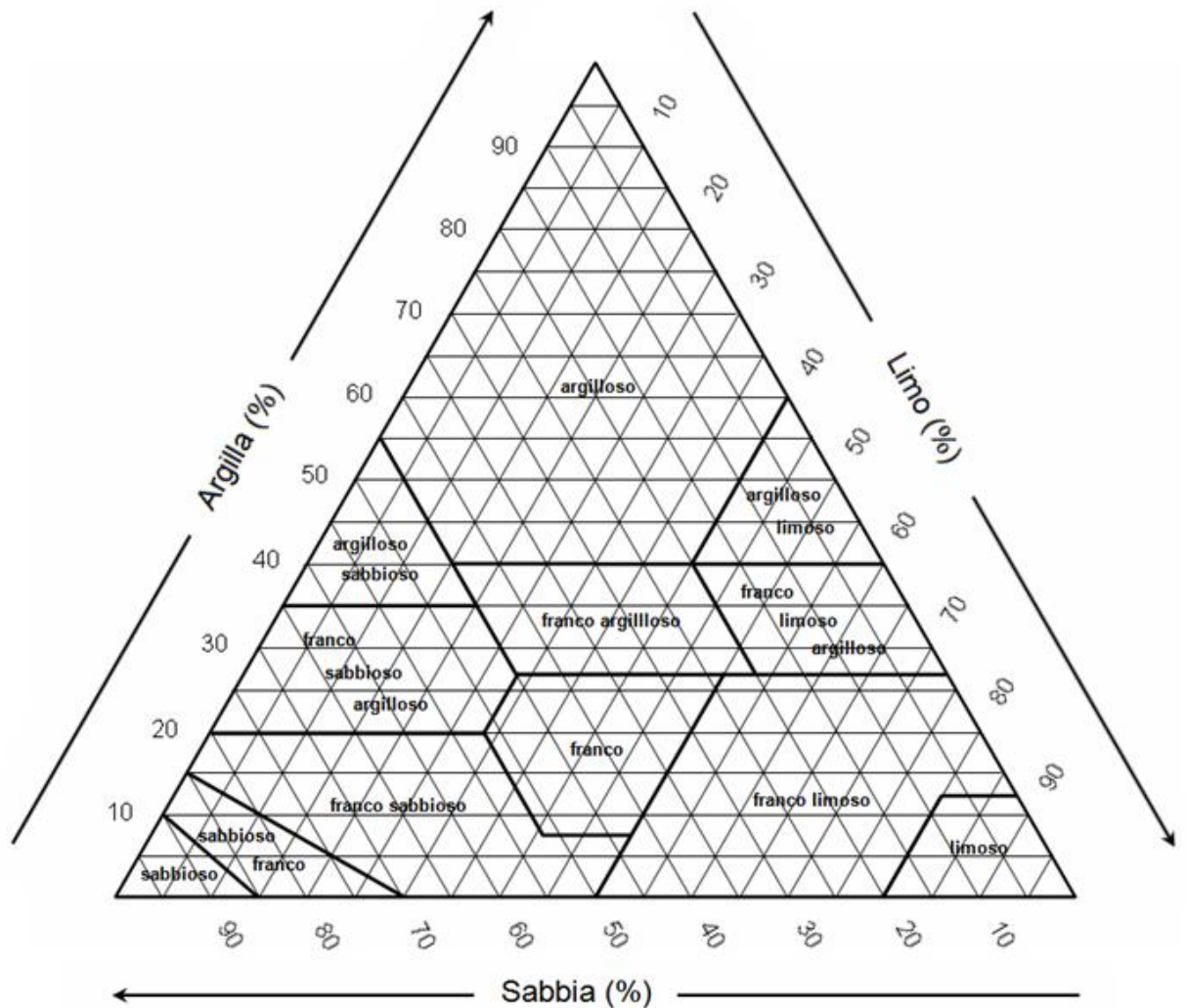


Figura 11 - Triangolo tessiturale secondo la classificazione USDA

Come prima operazione i campioni di suolo sono stati essiccati in stufa a 105 °C, successivamente disgregati, utilizzando un cilindro in granito, e vagliati con setacci a maglie di 2 mm, separando così scheletro e terra fine; in ultimo il campione è stato quartato in modo da mantenerne una quantità omogenea e rappresentativa.

Per deflocculare gli aggregati è stata preparata una soluzione disperdente costituita da: 40 g di esametafosfato di sodio ((NaPO₃)₆), 10 g di Carbonato di Sodio (Na₂CO₃), aggiungendo poi acqua deionizzata fino ad un volume complessivo di 1 litro.

Il motivo della necessità di porre il terreno con la soluzione disperdente deriva dalla capacità dello ione esametafosfato di reagire con il Ca²⁺, presente sul complesso di scambio, con formazione di esametafosfato di calcio che, essendo insolubile, precipita.

Si sottraggono così dalle superfici colloidali (elettronegative) gli ioni Ca^{2+} , sostituiti dagli ioni Na^+ che, in ragione del loro elevato raggio di idratazione, favoriscono ulteriormente la dispersione dei colloidali stessi.

Infine in soluzione è presente anche Na_2CO_3 , un sale idroliticamente basico, che in acqua si dissocia secondo la reazione:



Il carbonato di sodio porta quindi ad un'alcalinizzazione della soluzione che ne aumenta le capacità disperdenti nei confronti dei colloidali elettronegativi.

Seguendo la procedura ufficiale descritta nei Metodi di Analisi Fisica del Suolo, per ogni campione, si è proceduto pesando una quantità di suolo pari a 10 g con precisione di $\pm 0,1\text{g}$.

Ogni campione di terra pesato, posto in un contenitore ermetico da circa 250 ml, è stato unito a 10 ml di soluzione disperdente per poi aggiungervi H_2O deionizzata sino ad un volume complessivo di circa 150 ml.

Una volta preparati, i contenitori con le sospensioni sono stati messi in agitazione per circa 15 ore.

Trascorso il periodo di agitazione si è proceduto versando ogni sospensione ottenuta in un levigatore di Andreasen, facendola passare attraverso due setacci impilati uno sull'altro e posti sopra un imbuto per permettere al liquido di finire nel sedimentatore (levigatore). Il setaccio posto superiormente possedeva una rete a maglie di 200 μm , mentre quello inferiore di 100 μm .

Ogni setaccio, prima di essere utilizzato è stato numerato e, previo essiccamento in stufa a 80°C, pesato per individuarne la tara.

Ogni contenitore, una volta svuotato, è stato accuratamente risciacquato con acqua deionizzata, avendo la cura di eliminare ogni residuo di terra rimastovi all'interno e facendo passare l'acqua di lavaggio all'interno dei setacci. Anche i setacci, utilizzati per la separazione delle sabbie, sono stati risciacquati con attenzione fin che l'acqua che ne usciva non apparisse limpida (raccogliendo l'acqua di lavaggio nel levigatore).

Terminata la separazione meccanica delle sabbie, i setacci, contenenti le particelle di terreno rimaste al loro interno, sono stati posti in stufa a 80°C sino ad avere peso costante. Una volta raffreddati sono stati pesati con bilancia a 3 cifre decimali per determinare, dalla differenza tra peso lordo e tara, il peso della frazione di sabbia grossa (con diametro $> 200 \mu\text{m}$) e quello della frazione di sabbia fine (con diametro $> 100 \mu\text{m}$).

Una volta separata la frazione sabbiosa, la sospensione raccolta nel levigatore è stata portata con acqua deionizzata ad un volume totale di 500 cm^3 , corrispondente ad una colonna

di liquido di 25 cm. A questo punto i levigatori sono stati agitati, controllando che al termine dell'agitazione non fosse presente alcun sedimento sul fondo del cilindro. Una volta appoggiati sulla superficie di lavoro, i sedimentatori non sono stati spostati dalla loro posizione, sino al termine dell'analisi.

Per separare le diverse frazioni di particelle è necessario fissare il tempo di prelevamento, determinato dalla velocità di sedimentazione nel mezzo liquido ed influenzato dalla temperatura ambientale. Per questo calcolo viene utilizzata la *legge di Stokes* che enuncia: "Un corpo immerso in un fluido in quiete sedimenta con velocità direttamente proporzionale alla differenza di densità tra corpo e fluido, al quadrato del raggio equivalente del corpo stesso, all'accelerazione gravitazionale, ed inversamente proporzionale alla viscosità del fluido"

Esplicitando la funzione in relazione al tempo, ne deriva che:

$$t = \frac{(9h \cdot \eta_l)}{[2 \cdot r^2 \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot g]}$$

Dove: ρ_s e ρ_l sono rispettivamente il peso specifico del solido in sospensione e del mezzo liquido in cui è sospeso (kg m^{-3}); η_l corrisponde alla viscosità del fluido (che varia con la temperatura e la concentrazione dei sali disciolti) ($\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$); h è l'altezza da cui il corpo inizia la sedimentazione (m), r è il diametro medio delle particelle di cui si vuole calcolare il tempo di sedimentazione (m), e infine g è l'accelerazione di gravità (m s^{-2}).

Lavorando in un ambiente con una temperatura di 25°C, noti i diametri medi delle classi granulometriche (facendo riferimento alla classificazione *U.S.D.A.* sopra citata) si è operato prelevando, tramite un rubinetto posto nella parte bassa del levigatore e collegato ad una pipetta tarata di volume noto, 10 ml della sospensione.

Utilizzando la sopracitata legge di Stokes, è stato possibile determinare dopo quanto tempo andare a prelevare le frazioni di limo e di argilla.

La frazione di limo è stata estratta a 1'43'' dall'ultima agitazione e raccolta in un pesafiltro. Per la frazione argillosa il prelievo è stato fatto dopo 17 h 59' dall'agitazione. Tutti i pesafiltri contenenti le frazioni da determinare sono stati pesati dopo essere stati essiccati in stufa a 105°C fino a peso costante.

In questa maniera dalla differenza tra peso lordo e tara è stato possibile determinare il peso netto della frazione raccolta; infine questo dato, rapportato al peso del terreno posto in

agitazione all'inizio dell'analisi, permette di esprimere il peso della classe granulometrica in questione come g kg^{-1} di suolo.

Traducendo poi il peso relativo di ogni classe in percentuale e utilizzando il triangolo della tessitura, si è giunti ad una definizione che esprima le caratteristiche del suolo in relazione alla propria composizione granulometrica.

2.2.1.1.3. Densità apparente e porosità

La densità apparente corrisponde al peso secco di un'unità di volume di suolo indisturbato tenendo conto anche della porosità esistente al suo interno. E' una variabile relativa, che può mutare nel tempo e nello spazio, influenzata da diversi fattori come il tipo di gestione agronomica, la percentuale di sostanza organica e con le variazioni climatiche.

La densità apparente si determina scavando una certa quantità di terreno, facendolo essiccare e quindi pesandolo. Il volume del terreno scavato si determina riempiendo l'escavazione con sabbia.

Tale metodo è da preferirsi ogni volta che il metodo del carotatore non è significativamente utilizzabile, cioè quando è presente, come nel terreno oggetto della sperimentazione, un'alta percentuale di scheletro (Metodi di analisi fisica del suolo, 1997)

In questa sperimentazione si è provveduto a scavare una porzione di terreno $20*20*10$ cm presso ogni punto di campionamento.

Le operazioni per la determinazione della densità apparente si sono svolte nel periodo successivo alla raccolta del mais, operando nell'interfila. Inizialmente sono stati preparati sacchetti di sabbia di densità nota ($1,52 \text{ t m}^{-3}$) dei quali è stato determinato il peso. In campo sono state create le buche ed il terreno da esse prelevato è stato posto in sacchetti ermetici. In ultimo le buche sono state riempite, fino al piano di campagna, con la sabbia precedentemente preparata.

Per ricavare il dato della densità apparente, in laboratorio, si è provveduto all'essiccazione in stufa a 105°C dei campioni di terreno prelevati sino a peso costante. Contemporaneamente si è ricavato il volume effettivo della buca, rapportando i kg di sabbia utilizzati per il riempimento alla densità della sabbia stessa.

$$\text{Vol. buca} = \text{peso sabbia inserita} / \text{d.a. sabbia} \text{ (kg / kg dm}^3\text{)}$$

In ultimo, si è ricavato il dato definitivo della densità apparente del terreno, rapportando il peso secco del terreno con il volume del terreno prelevato dalle buche.

$$\text{D.A. suolo} = \text{peso terreno secco} / \text{Volume terreno} \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

La porosità è un parametro dato dal rapporto tra il volume totale degli spazi lasciati liberi dalla fase solida (quindi contenenti acqua e aria) e il volume totale. E' un dato fondamentale poiché determina la dinamica dell'acqua, dell'aria, le variazioni di temperatura, la disponibilità degli elementi nutritivi, la lavorabilità del terreno e l'espansione radicale. Non avendo determinato direttamente il volume dei vuoti, è stato derivato il dato della porosità indirettamente, utilizzando un valore tabulato di densità reale (2,65 t m⁻³), poiché risulta essere pressoché costante.

$$P = \frac{V_v}{V_t} * 100 = \frac{V_t - V_s}{V_t} * 100 = \left(1 - \frac{V_s}{V_t}\right) * 100 ; V_s = \frac{Massa_s}{\delta_r} ; V_t = \frac{Massa_s}{\delta_a} ; P = \frac{\delta_r - \delta_a}{\delta_r} * 100$$

P – porosità; V_v – volume dei vuoti; V_t – volume totale; V_s – volume dei solidi; δ_r – densità reale; δ_a – densità apparente

2.2.1.2. Analisi Chimiche

In questa sperimentazione, nell'ambito delle analisi chimiche, sono stati analizzati il contenuto in azoto nitrico e azoto ammoniacale del terreno prelevato nelle varie fasi della coltura; altre analisi sono state condotte per ricavare l'azoto totale ed il carbonio organico.

2.2.1.2.1. Azoto nitrico e ammoniacale

L'estrazione dell'azoto minerale è stata effettuata per ogni campione di terreno prelevato pesando circa 20 g di suolo tal quale, al quale sono stati aggiunti 50 ml di una soluzione estraente di KCl 1 M. Il rapporto di estrazione risultante è stato di 1:2.5 (suolo t.q. estraente⁻¹; m v⁻¹). La sospensione terreno-estraente è stata agitata per 1 ora e 30 minuti e al termine dell'agitazione è stata filtrata con filtri di carta Whatman n°2. I filtrati sono stati conservati in freezer a -20°C fino al momento della determinazione della concentrazione. La determinazione della concentrazione è stata fatta con analizzatore automatico a flusso continuo (Flow Comp 1500 - Carlo Erba e Foss Tecator), secondo lo specifico manuale di istruzione.

La reazione colorimetrica necessaria per le misure spettrofotometriche per lo strumento Flow Comp 1500 relative all'azoto ammoniacale sfrutta la reazione al blu-indolfenolo. Secondo tale principio l' NH_4^+ , in presenza di fenato sodico, sodio ipoclorito e nitroprussiato

sodico sviluppa iridolfenolo che si dissocia in ambiente dando luogo ad una soluzione di colore blu che assorbe la luce di lunghezza d'onda pari a 650 nm.

La reazione colorimetrica necessaria per le misure spettrofotometriche per lo strumento Flow Comp 1500 relative all'azoto nitrico prevede la riduzione dei nitrati a nitriti attraverso il passaggio del campione in una colonnina impaccata di cadmio ramato. L'azoto nitroso viene poi posto a contatto con la sulfanilammide la quale ne determina la diazotazione; la sulfanilammide diazotata viene poi copulata da n(1-naftil)etilendiammidicloridrato originando un complesso colorato che assorbe la luce alla lunghezza d'onda di 525 nm,

Il valore delle concentrazioni di azoto nei filtrati è stato ricavato attraverso una regressione lineare sulla base delle assorbanze ottenute dall'analisi di un set di soluzioni standard. I valori delle concentrazioni relative al suolo secco sono stati ottenuti per conversione sulla base del contenuto idrico del campione di suolo analizzato.

2.2.1.2.2. Carbonio totale, sostanza organica e rapporto C/N

La determinazione del carbonio totale è avvenuta attraverso la combustione a secco tramite analizzatore elementare NC, modello NA 1500 serie 2. Il materiale oggetto di analisi è dato dai campioni di suolo raccolti alle diverse fasi del ciclo colturale del mais, essiccati in stufa a 105°C per 24 ore e successivamente macinati a 0.5 mm al fine di uniformare il campione. Il campione di suolo macinato e uniformato è stato inserito in capsule di stagno alle dosi di circa 30 mg per capsula. Le fasi successive sono riportate nel paragrafo 2.2.1.2.3. relativo alla determinazione del contenuto in azoto.

Dai dati ottenuti di carbonio totale è stato possibile determinare i valori di sostanza organica moltiplicando il valore per 1.724 (*fattore di Van Bemmelen*) e calcolare, sapendo il contenuto di azoto totale, il rapporto C/N del terreno.

2.2.1.2.3. Azoto totale

Il contenuto in azoto è stato determinato attraverso una combustione a secco in analizzatore NC, modello NA 1500 serie 2. I campioni di suolo sono gli stessi utilizzati per l'analisi del carbonio: 30 mg di suolo macinato a 0.5 mm inserito all'interno di capsule di stagno.

Le capsule contenenti il campione vengono rilasciate da un autocampionatore all'interno di una colonna di combustione che viene mantenuta alla temperatura di 1020 °C. All'interno

della colonna avviene una combustione in modo quasi istantaneo e completo dando luogo allo sviluppo di gas che vengono spinti dal gas carrier (elio) attraverso il catalizzatore ossidativo (Cr_2O_3) localizzato nella parte inferiore della colonna di combustione. Il catalizzatore ossidativo consente di completare l'ossidazione, quindi i gas vengono sospinti nella colonna di riduzione situata a fianco di quella di combustione che viene mantenuta alla temperatura di $650\text{ }^\circ\text{C}$, nella quale la presenza di rame metallico consente la riduzione degli ossidi di azoto ad azoto elementare trattenendo inoltre l'eccesso di azoto. All'uscita della colonna di riduzione si trova una miscela di gas contenente N_2 , CO_2 e H_2O che viene trasportata all'interno di una colonnina contenente perclorato anidro di magnesio avente il compito di eliminare l'acqua di combustione. Eliminata l'acqua di combustione i gas vengono fatti transitare in una colonna gas cromatografica nella quale la presenza di un rilevatore a termoconducibilità consente la rilevazione della quantità grazie all'emissione di un segnale elettrico proporzionale alla quantità di gas. Il risultato si rende concreto nella costruzione di cromatogrammi che vengono proporzionati a quelli ottenuti dalla combustione di uno standard di riferimento come l'atropina utilizzato per costruire una regressione lineare. La procedura di ottenimento del dato finale è completamente informatizzata.

2.2.2. Analisi sulle piante

2.2.2.1. Analisi Chimiche

2.2.2.1.1. Azoto totale e carbonio organico

Sulle piante prelevate presso ogni punto di campionamento sono state effettuate analisi chimiche per ricavare l'azoto totale e il carbonio organico in esse contenuti. I metodi adottati per questa analisi sono i medesimi adottati per la determinazione di azoto totale e carbonio organico nei campioni di terreno. L'unica differenza ha riguardato la preparazione dei campioni: nelle capsule di stagno sono stati inseriti 4 mg di pianta o granella preventivamente essiccate e macinate a 0,5 mm.

Le piante su cui sono state condotte queste analisi sono state raccolte in campo in numero di due per ogni punto di campionamento alla fase di fioritura ed alla raccolta; per quelle prelevate alla raccolta, si è provveduto alla separazione della granella su cui sono poi state condotte le medesime analisi.

2.2.2.2. Altre Analisi

Direttamente in campo si è intervenuti sulle piante per ricavare i dati riguardanti la densità di semina ed il LAI (leaf area index); in laboratorio si è la produzione di biomassa e la produzione granellare

2.2.2.2.1. Investimento colturale

L'investimento colturale è stato registrato direttamente in campo un mese dopo la semina, allo stadio vegetativo di emissione della terza foglia, prendendo come riferimento una fila adiacente ad ogni punto di campionamento. Su ognuna di queste, per una lunghezza di 10 metri, si è contato il numero di piante sviluppate.

Considerando un'interfila di 0,75 m, l'investimento colturale, cioè il numero di piante a m², si ricava matematicamente:

$$\text{Piante m}^{-2}: (\text{n}^{\circ} \text{ piante in } 10 \text{ m}) / (10 \text{ m} * 0,75 \text{ m})$$

2.2.2.2.2. L.A.I. (Leaf Area Index)

L'indice di area fogliare è determinato misurando la superficie delle foglie che insistono su un metro quadrato di terreno. La valutazione di questo parametro è stata effettuata in campo alla fioritura ed alla raccolta su due piante per punto di campionamento. La misura è stata effettuata misurando la lunghezza e la larghezza massime di ogni foglia presente nel campione raccolto. La superficie fogliare si ottiene moltiplicando lunghezza e larghezza massime di ogni foglia per 0,75: un coefficiente che permette di derivare l'area fogliare di foglie di mais a partire da lunghezza e larghezza massima delle stesse (Pellerin, 2000). Il LAI è ottenuto moltiplicando l'area fogliare per l'investimento di semina a metro quadro.

2.2.2.2.3. Biomassa totale

Il calcolo della biomassa totale è dato dal peso secco della parte epigea della pianta raccolta a fine ciclo. Per ottenerlo si asportano due piante per ogni punto di campionamento con un taglio al colletto, si aggregano dividendo la porzione "pianta" (formata da culmo, foglie, brattee e tutolo), dalla granella. Ogni campione viene pesato e posto in un sacchetto di carta di tara nota; viene poi essiccato in stufa a 105°C per 48 ore; successivamente, per

differenza, si determina il peso secco. Il dato di biomassa per pianta si ottiene dividendo a metà il peso di ogni campione, in quanto sono due piante aggregate, e facendo poi una media tra tutti i valori ottenuti. In base poi all'investimento accertato in prossimità dei punti di campionamento, la biomassa viene rapportata ad ha.

2.2.2.2.4. Produzione di granella

Questo dato viene determinato dal peso secco della granella, e quindi dal peso delle cariossidi contenute nei campioni prelevati alla raccolta. Ogni campione è stato preventivamente seccato in stufa a 105°C per 48 ore per la determinazione della biomassa granellare.

3. Risultati e discussione

3.1. Dati meteorologici

Nel grafico di *Figura 12* è mostrato l'andamento delle temperature massime e minime giornaliere nell'anno 2009; la piovosità, registrata nella stessa annata, confrontata con le precipitazioni medie della zona di Ospitaletto, è mostrata nel grafico di *Figura 13*.

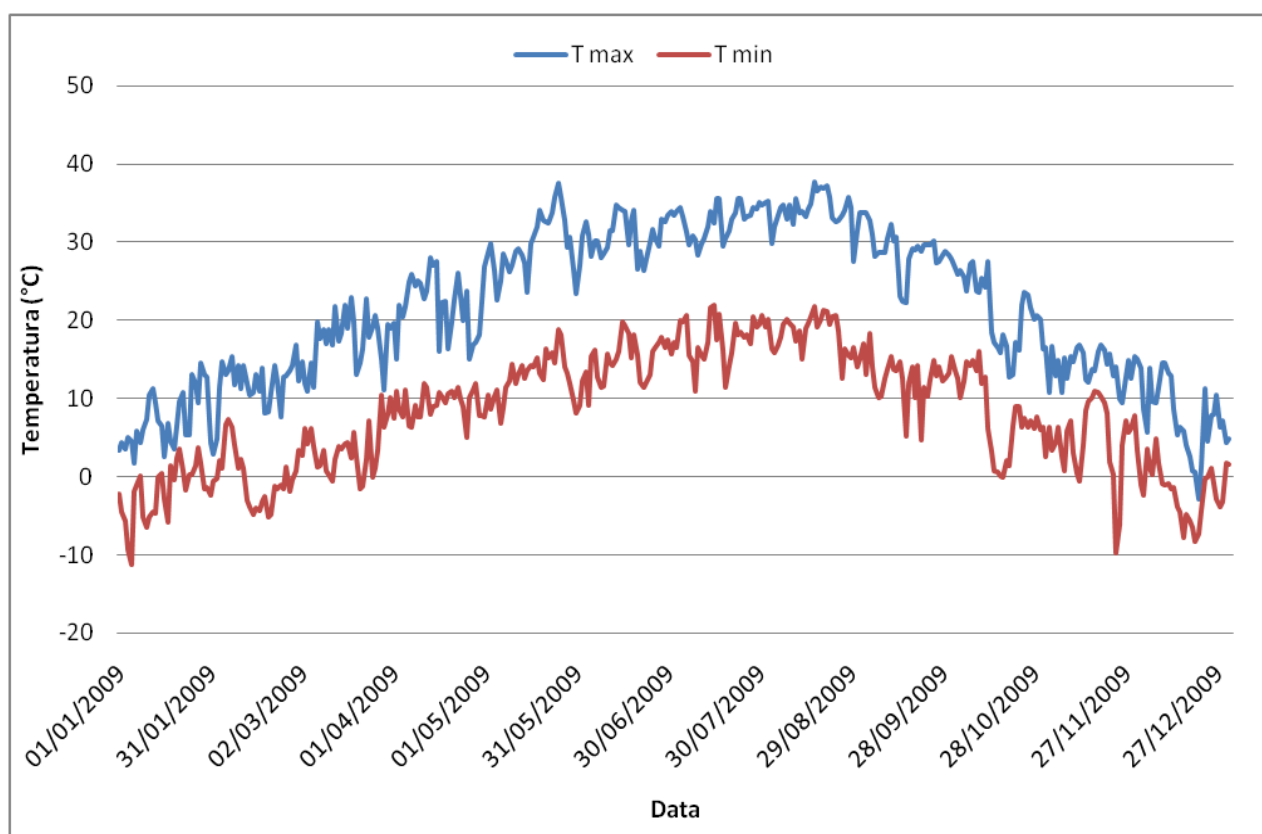


Figura 12 - Temperature massime e minime registrate nell'anno 2009

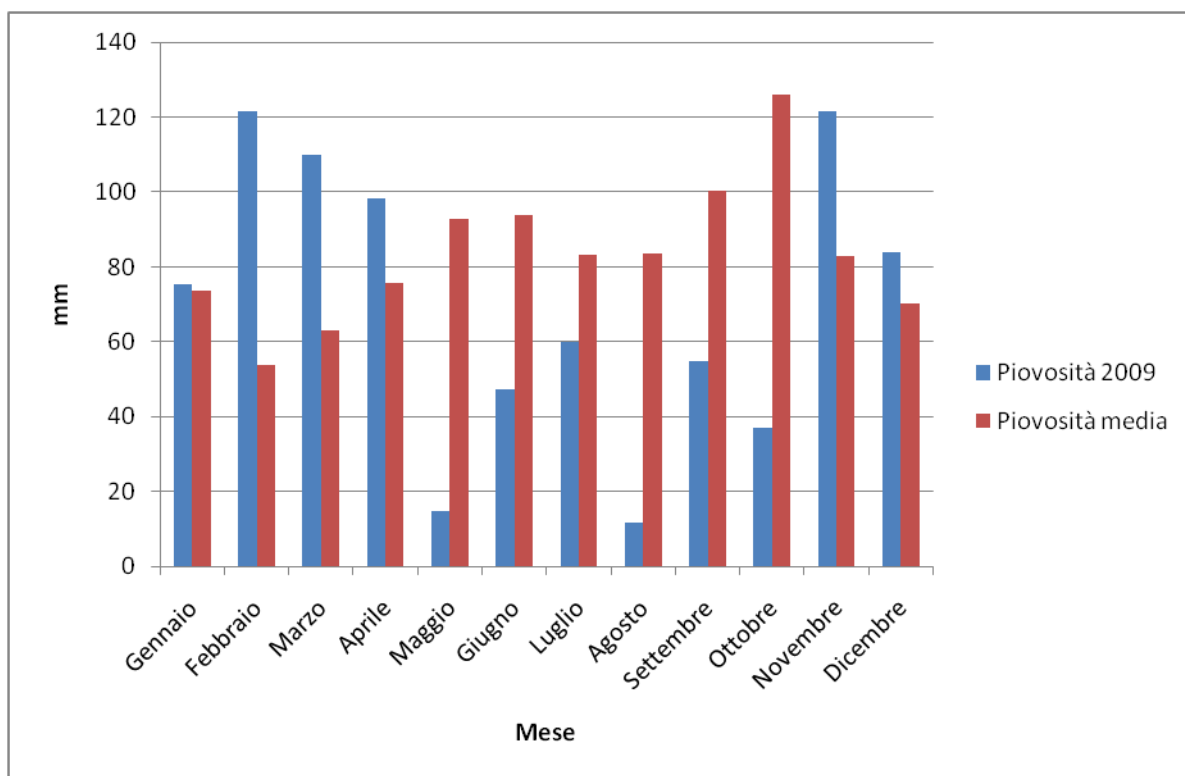


Figura 13 – Precipitazioni mensili dell’anno 2009 e medie della zona di Ospitaletto

La tesi si riferisce all’annata 2009, che sarà qui di seguito valutata facendo riferimento alla normale climatica trentennale del territorio in esame. Dal punto di vista climatico, la zona di Ospitaletto, ricade nel mesoclima padano che è caratterizzato da discreti livelli di continentalità, mitigati dalla relativa vicinanza del Mediterraneo. Le temperature dell’aria in superficie sono relativamente miti, con medie annue di circa 12,6 °C, massimi assoluti annui che ricadono di norma fra luglio ed agosto e minimi assoluti annui intorno a gennaio. La precipitazione totale (in media 950 mm) presenta un tipico regime equinoziale con massimo principale in ottobre, massimo secondario in giugno, minimo principale in febbraio e minimo secondario estivo in luglio. La precipitazione è relativamente ben distribuita nel corso dell’anno e risulta ripartita su 83 giorni piovosi (Mariani L., comunicazione personale).

Le temperature massime e minime non hanno fatto registrare alcun andamento anomalo rispetto alla media mensile per il Bresciano. La somma delle precipitazioni registrate risulta inferiore alla media trentennale. Nel 2009 si sono registrati 835,8 mm di pioggia su 84 giorni piovosi. Il regime delle precipitazioni dell’annata in cui si è svolta la sperimentazione, risulta particolarmente sfasato rispetto al classico regime equinoziale della zona: il massimo principale è tra febbraio ed aprile con punte di precipitazione mensile superiori ai 100 mm. I minimi si sono registrati in agosto ed in maggio. In entrambi i casi sono scesi meno di 20 mm di pioggia.

3.2. Analisi del terreno

3.2.1. Analisi fisiche

3.2.1.1. Tessitura

I risultati ottenuti dalla prova granulometrica sono presentati in *Tabella 3*. Dalle percentuali di sabbia, limo ed argilla nelle due profondità di rilievo (0–20 cm e 20–40 cm), il suolo si presenta franco-sabbioso (*sandy-loam*, dicitura secondo la classificazione *U.S.D.A.*) per i punti di campionamento 1-2-3; mentre, per i punti 4-5-6, si osserva un minor contenuto in sabbia equilibrato da una maggior presenza della componente limosa; di conseguenza, per questi punti il suolo si presenta franco (*loam*, dicitura secondo la classificazione *U.S.D.A.*).

Tabella 2 – Valori di tessitura puntuali per punto di campionamento e per profondità

		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
SABBIA	0-20	54,75	53,62	59,62	50,59	47,17	48,77
	20-40	59,32	60,72	58,16	57,53	48,25	54,16
	Media	57,04	57,17	58,89	54,06	47,71	51,47
LIMO	0-20	28,60	29,57	25,38	31,94	36,17	32,84
	20-40	23,29	22,59	24,52	25,50	29,63	29,11
	Media	25,94	26,08	24,95	28,72	32,90	30,97
ARGILLA	0-20	16,65	16,81	15,01	17,48	16,66	18,39
	20-40	17,39	16,69	17,32	16,97	22,13	16,73
	Media	17,02	16,75	16,16	17,22	19,39	17,56
Classificazione	<i>Sandy</i>	<i>Sandy</i>	<i>Sandy</i>	<i>Loam</i>	<i>Loam</i>	<i>Loam</i>	
USDA	<i>loam</i>	<i>loam</i>	<i>loam</i>				

La tessitura è un parametro non variabile nel tempo. Le pratiche agronomiche svolte non possono influire su di essa, in quanto, quest'ultima, è determinata da processi di alterazione del suolo estremamente complessi e di lungo periodo. La sola tessitura non permette di capire il grado di fertilità di un suolo; risulta però importante perché ne influenza molti aspetti agronomico-ambientali, come la suscettibilità all'erosione, il profilo termico, l'attitudine alle reazioni di ossido-riduzione, la capacità di drenaggio e la scelta delle trattatrici con cui entrare

in campo. L'appezzamento Posta risulta essere di tessitura franco-sabbiosa, con un'abbondante presenza di scheletro: ciò indica un'elevata permeabilità all'acqua, quindi un'elevata richiesta irrigua, ma nel contempo risulta essere di facile lavorazione e ben areato. L'ammendamento organico ha permesso, nonostante questa tipologia di suoli presenti generalmente una bassa attitudine a trattenere elementi, il mantenimento di una buona concentrazione di elementi nutritivi.

3.2.1.2. Densità apparente e porosità

La densità apparente di un suolo, definita come peso secco di un'unità di volume di suolo indisturbato tenendo conto anche della porosità esistente al suo interno, è un importante indicatore della qualità del suolo. La densità apparente fornisce dunque, un'indicazione indiretta della porosità del terreno: quanto sono più bassi i valori di densità apparente, tanto maggiore sarà la porosità. La sua misura è uno dei metodi quantitativi comunemente usati per valutare il grado di compattazione del suolo. Valori elevati di densità apparente indicano, generalmente, problemi di compattazione, di scarsa stabilità strutturale e tendenza a formare croste superficiali, con conseguente ridotta infiltrazione e scarsa aerazione, e problemi di germinazione e radicabilità per le colture. Valori di densità apparente compresi tra 1 e 1,7 t m⁻³ si accertano comunemente in molti suoli (Violante, 2005).

La porosità, determinata dal rapporto tra il volume degli spazi vuoti ed il volume di un'unità di suolo, assume valori generalmente compresi tra il 28% e il 75% . Si considera ottimale per la crescita delle piante, in un terreno di tessitura franco-sabbiosa, una porosità del 50% (Violante, 2005)

Dai dati ricavati, si può affermare che l'appezzamento Posta presenta buoni valori di densità, e di conseguenza di porosità, che offrono condizioni ottimali per lo sviluppo della coltura.

Tabella 3 – Densità apparente, espressa in $t m^{-3}$

Punto di campionamento	Densità apparente
1	1,84
2	1,53
3	1,59
4	1,29
5	1,41
6	1,25
Media	1,48
Dev. St.	0,22

Tabella 4 – Porosità % per punto di campionamento

Punto di campionamento	Porosità (P)
1	30,58
2	42,44
3	39,95
4	51,33
5	46,92
6	52,76
Media	44,00
Dev. St.	8,22

3.2.1.3. Contenuto idrico

Il contenuto idrico, o *soil water content* (SWC), esprime la percentuale di acqua in peso rispetto al peso del terreno secco in cui è contenuta, oppure in volume di acqua rispetto al volume di suolo. Questo è un parametro estremamente variabile ed i valori ottenuti sono riferibili strettamente alla data di campionamento. I campioni sono stati raccolti a due differenti profondità, tra 0 e 20 cm e tra 20 e 40 cm, alla fase di semina ed alla fase di fioritura del mais.

Tabella 5 – Contenuto idrico del suolo alla semina

Punto di Campionamento	Data di campionamento	Profondità (cm)	H ₂ O (%)
1	08/05/2008	0 – 20	14,84
		20 – 40	13,57
2	08/05/2009	0 – 20	15,50
		20 – 40	12,59
3	08/05/2009	0 – 20	14,61
		20 – 40	13,99
4	08/05/2009	0 – 20	14,65
		20 – 40	12,83
5	08/05/2009	0 – 20	16,47
		20-40	14,03
6	08/05/2009	0 – 20	15,01
		20-40	14,06

Tabella 6 – Contenuto idrico del suolo alla fioritura

Punto di Campionamento	Data di campionamento	Profondità (cm)	H ₂ O (%)
1	15/07/2009	0 – 20	11,03
		20 – 40	9,21
2	15/07/2009	0 – 20	10,76
		20 – 40	10,36
3	15/07/2009	0 – 20	9,10
		20 – 40	8,39
4	15/07/2009	0 – 20	12,13
		20 – 40	10,38
5	15/07/2009	0-20	11,87
		20-40	12,47
6	15/07/2009	0-20	12,58
		20-40	12,56

3.2.2. Analisi chimiche

3.2.2.1. Azoto nitrico e ammoniacale

L'azoto minerale del terreno è costituito quasi esclusivamente dall'insieme dell'azoto presente sotto forma di ione nitrato NO_3^- , di ione ammonio NH_4^+ , e, in misura nettamente inferiore, di ione nitrito NO_2^- . L'azoto nitrico si trova disciolto nella soluzione circolante del terreno, si muove per flusso di massa e raggiunge facilmente la superficie delle radici dalle quali viene assorbito. Per contro, l'azoto ammoniacale, viene adsorbito e trattenuto sulle superfici delle argille e della sostanza organica, trovandosi così nella soluzione circolante del terreno in quantità molto ridotte e per tempi molto brevi. Di conseguenza, in pieno campo, l'assorbimento dell'azoto da parte della vegetazione avviene quasi esclusivamente a carico della forma nitrica.

I dati riguardanti la concentrazione di azoto nitrico nel suolo sono indicati nei grafici delle *Figure 14 e 15*. Da essi si evince che, nei profili di suolo considerati, tra 0 e 20 cm e tra 20 e 40 cm, la concentrazione di azoto nitrico risulta più elevata nella Tesi I rispetto alla Tesi II. In entrambe le tesi, la concentrazione di azoto nitrico è più elevata nello strato tra 0 e 20 cm: ciò perché, in superficie, il processo di mineralizzazione dell'azoto contenuto nella sostanza organica è più spinto.

Nella Tesi I si nota, in entrambi i profili, l'influenza della concimazione con Dermazoto 11: in essa la concentrazione di azoto nitrico aumenta in modo evidente rispetto alla Tesi II. Durante la fase di fioritura, la coltura del mais, richiede un notevole fabbisogno in azoto. L'assorbimento di azoto nitrico da parte della pianta è molto elevato e di conseguenza la concentrazione nel suolo, di questa molecola, decresce rapidamente.

Dai dati riguardanti la Tesi I, si nota un'elevata concentrazione di azoto nitrico alla raccolta: l'utilizzo del Dermazoto 11 ha indubbiamente incrementato il contenuto in azoto del terreno, ma data la sua lenta mineralizzazione, ha liberato azoto nitrico in un lasso di tempo molto lungo, lasciando un quantitativo elevato di nitrato non più utilizzabile dalla coltura e che andrà probabilmente perso per lisciviazione.

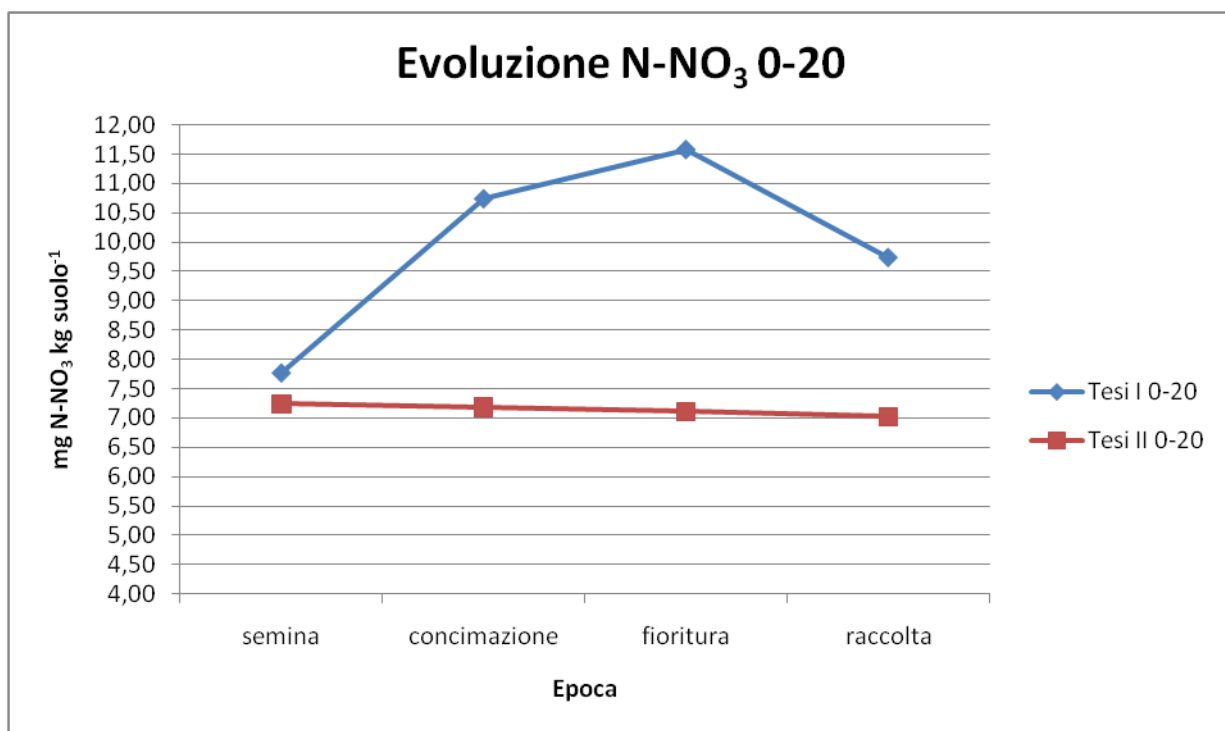


Figura 14 – Evoluzione del contenuto di N-NO₃ nello strato 0-20 cm

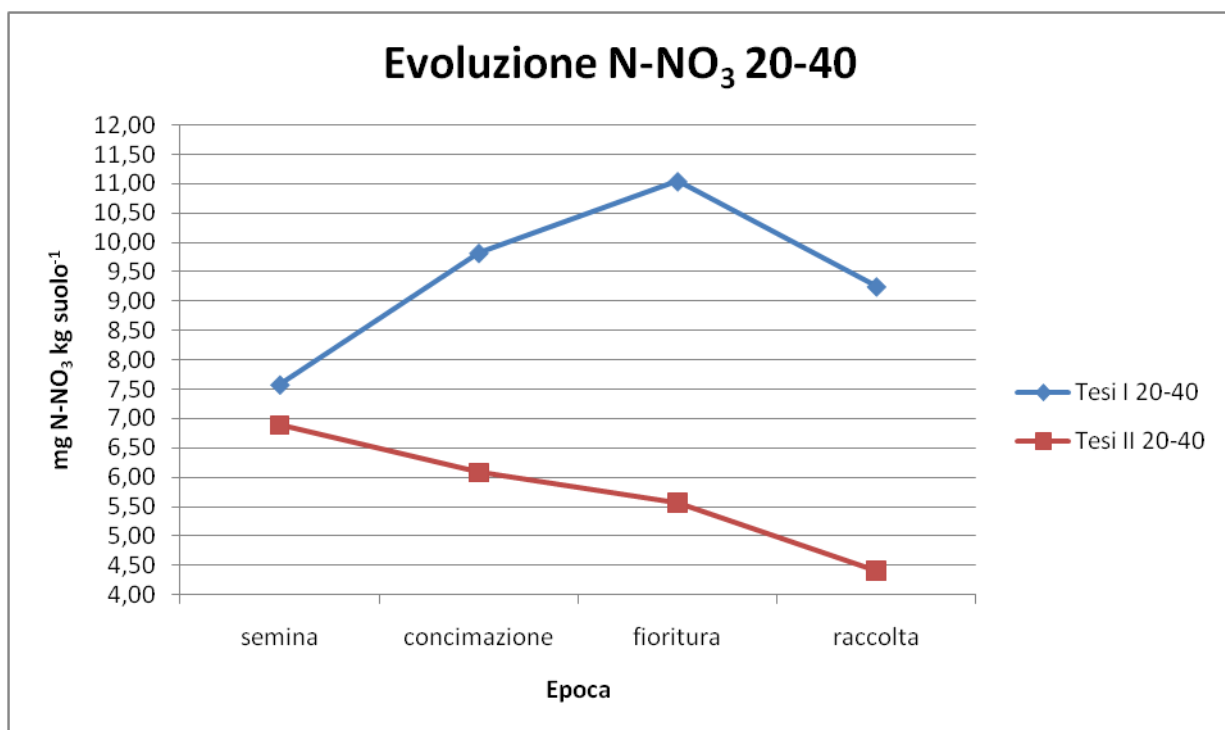


Figura 15 – Evoluzione del contenuto di N-NO₃ nello strato 20-40 cm

Nei grafici delle *Figure 16 e 17*, è illustrata la concentrazione di azoto ammoniacale nelle due tesi.

L'azoto ammoniacale è il risultato intermedio del processo di mineralizzazione dell'azoto: per questo si nota una crescita in entrambe le tesi sino alla concimazione. Effettuata la concimazione, si assiste all'aumento della concentrazione di NH_4^+ solo nella tesi I, dovuto alla mineralizzazione del Dermazoto 11. Come visto per l'azoto nitrico, a partire dalla fase di fioritura, si assiste ad una diminuzione della concentrazione dovuta alla forte attività microbica che trasforma l'azoto ammoniacale in azoto nitrico.

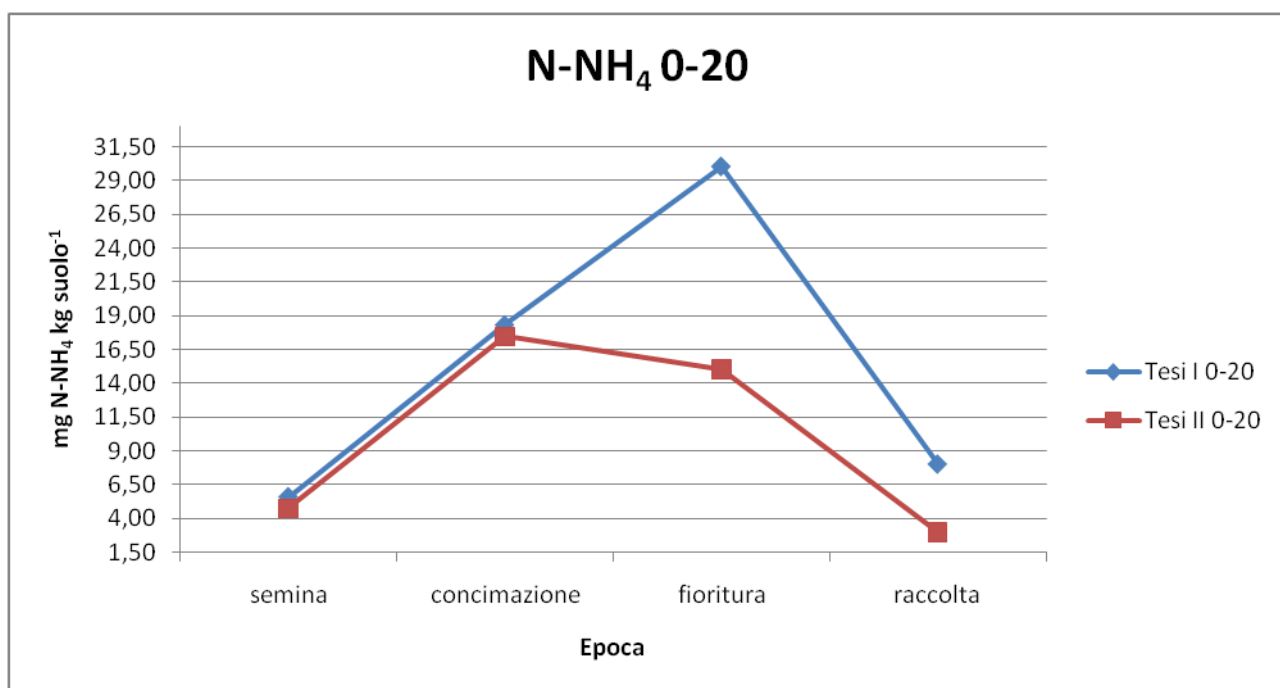


Figura 16 – Evoluzione del contenuto di N-NH₄ nello strato 0-20 cm

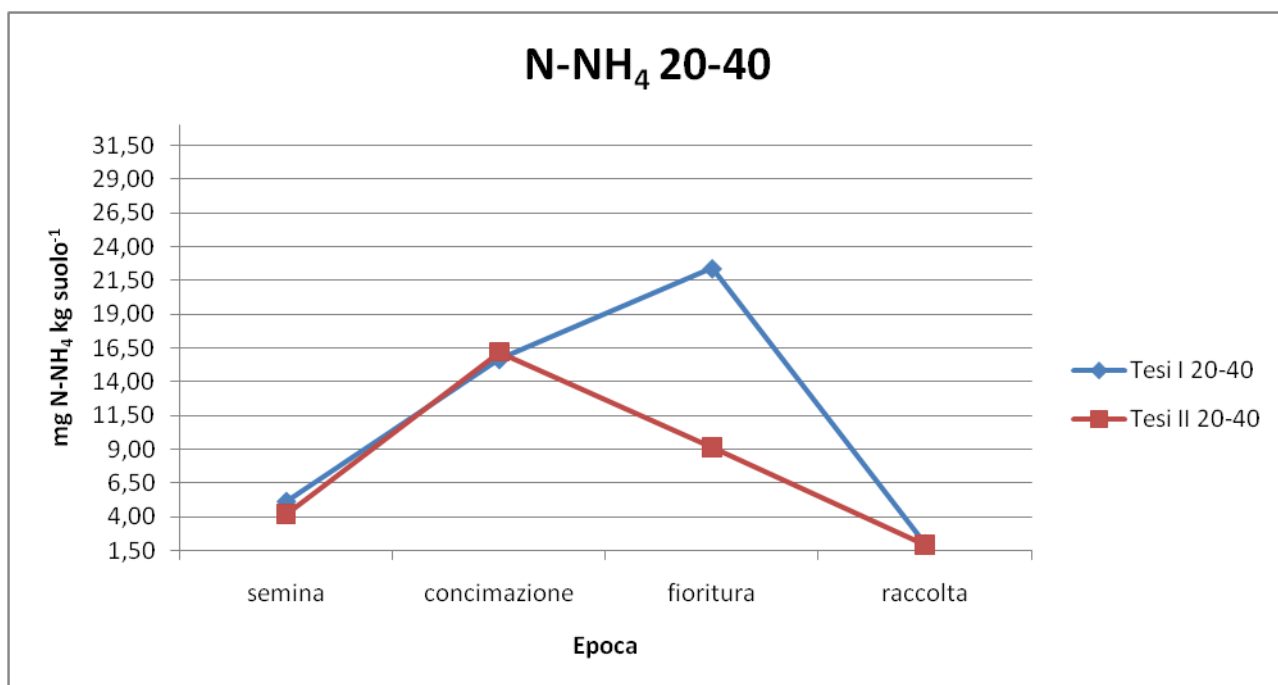


Figura 17 – Evoluzione del contenuto di N-NH₄ nello strato 20-40 cm

3.2.2.2. Carbonio totale, azoto totale, sostanza organica e rapporto C/N

Il carbonio totale ha lo stesso andamento del carbonio organico: nei suoli infatti tutto il carbonio è presente nella sola forma organica. Il contenuto di carbonio organico è strettamente legato al tenore di sostanza organica del suolo: dal valore di carbonio organico, utilizzando il *Fattore di Van Bemmelen*, si ricava il contenuto di sostanza organica.

L'accumulo di carbonio organico nel suolo è di fondamentale importanza per il miglioramento delle proprietà fisiche (struttura del suolo, densità apparente, contenuto idrico), chimiche (pH, C.S.C, disponibilità di elementi nutritivi) e biologiche (substrato di crescita per i microrganismi decompositori).

Il contenuto in carbonio organico dell'appezzamento Posta, presenta un andamento simile nelle due tesi lungo entrambi i fronti di profondità considerati. Nella tesi I si assiste, inizialmente, ad un aumento del contenuto in carbonio dovuto alla distribuzione di Dermazoto 11 che ha un titolo, in carbonio organico, del 40%.

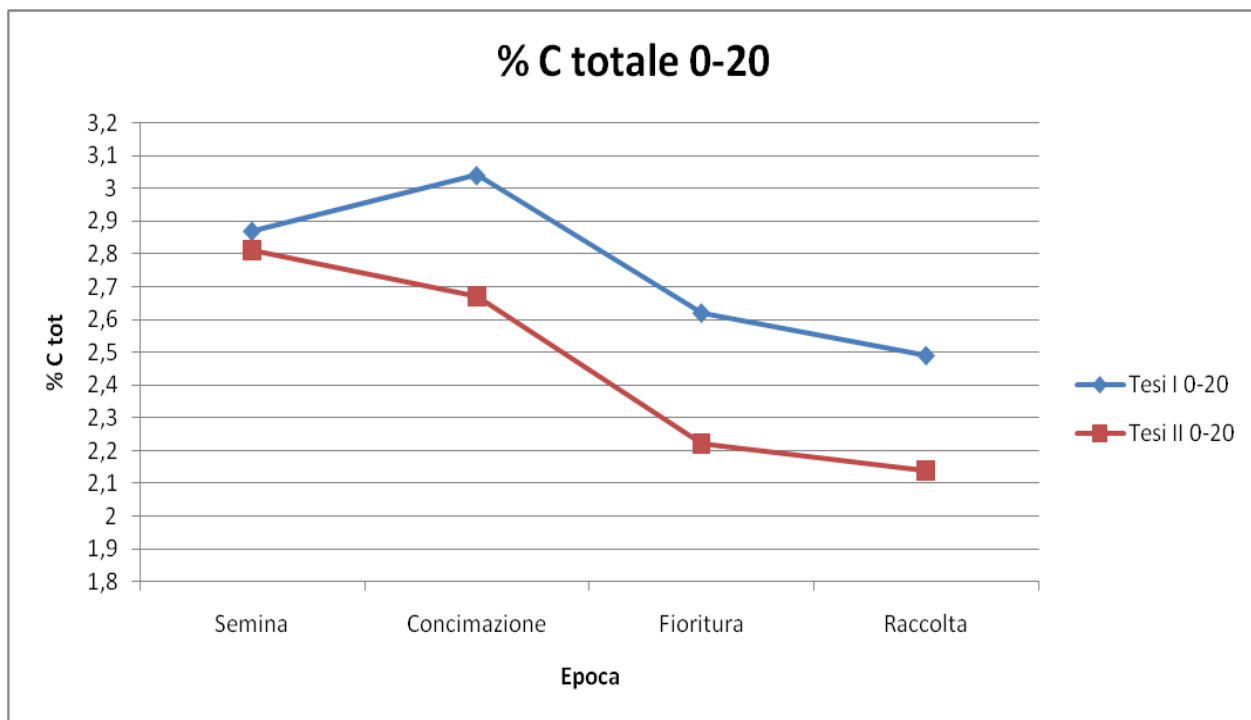


Figura 18 – Evoluzione del contenuto di C totale nello strato 0-20 cm

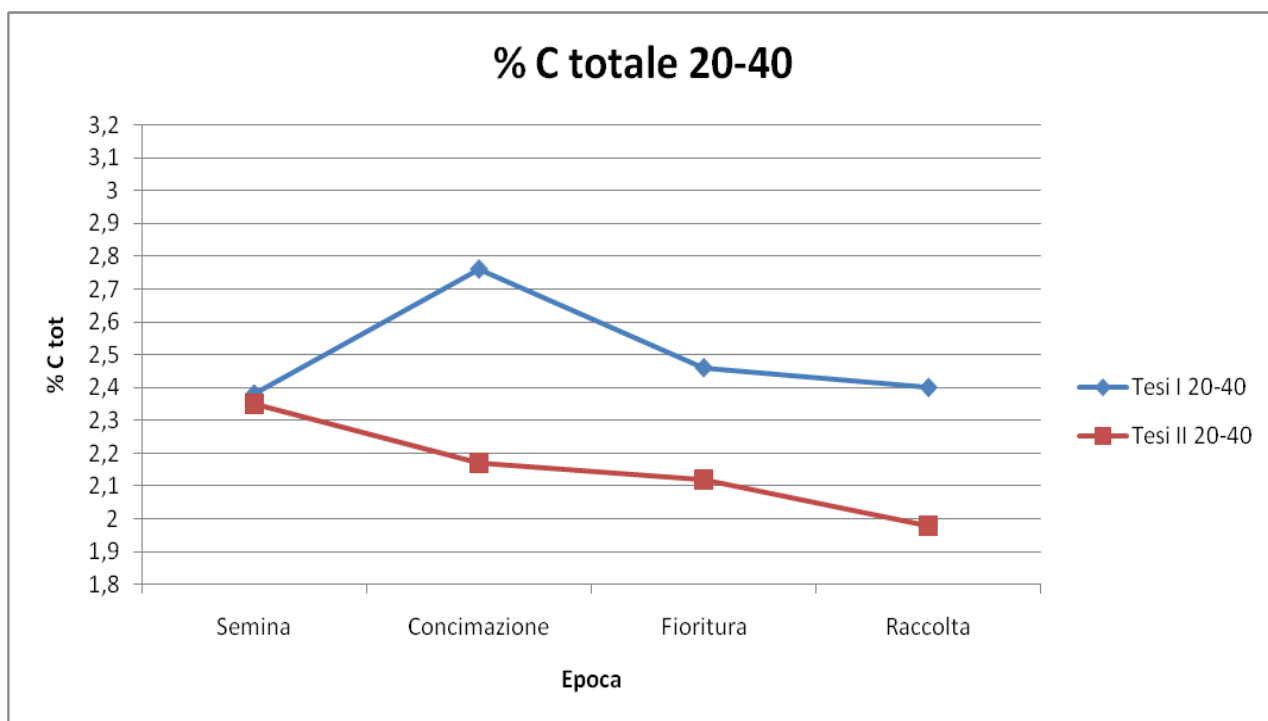


Figura 19 – Evoluzione del contenuto di C totale nello strato 20-40 cm

Il contenuto medio in azoto totale dei suoli coltivati varia tra 0,06% e 0,3%. Il contenuto in azoto totale dei terreni agrari varia ampiamente in dipendenza del loro contenuto di sostanza organica e quindi di tutte le condizioni intrinseche ed estrinseche al suolo, che determinano la presenza della sostanza organica nel terreno. I terreni sabbiosi, caratterizzati da una elevata macroporosità, con conseguenti situazioni di elevata areazione, elevata mineralizzazione della sostanza organica ed elevata lisciviazione dei sali, hanno sempre un contenuto di humus e di azoto più ridotti di quelli dei terreni di medio impasto e di quelli tendenzialmente argillosi, nei quali la macroporosità è nettamente più ridotta.

L'evoluzione dell'azoto totale nelle due tesi alle diverse profondità considerate, è illustrato nei grafici delle *Figure 20 e 21*. La concentrazione segue un andamento speculare lungo il fronte di profondità in entrambe le tesi, con un picco in corrispondenza della concimazione, a cui segue una diminuzione lineare. La dotazione di azoto totale del terreno risulta molto buona sia nella Tesi I sia nella Tesi II.

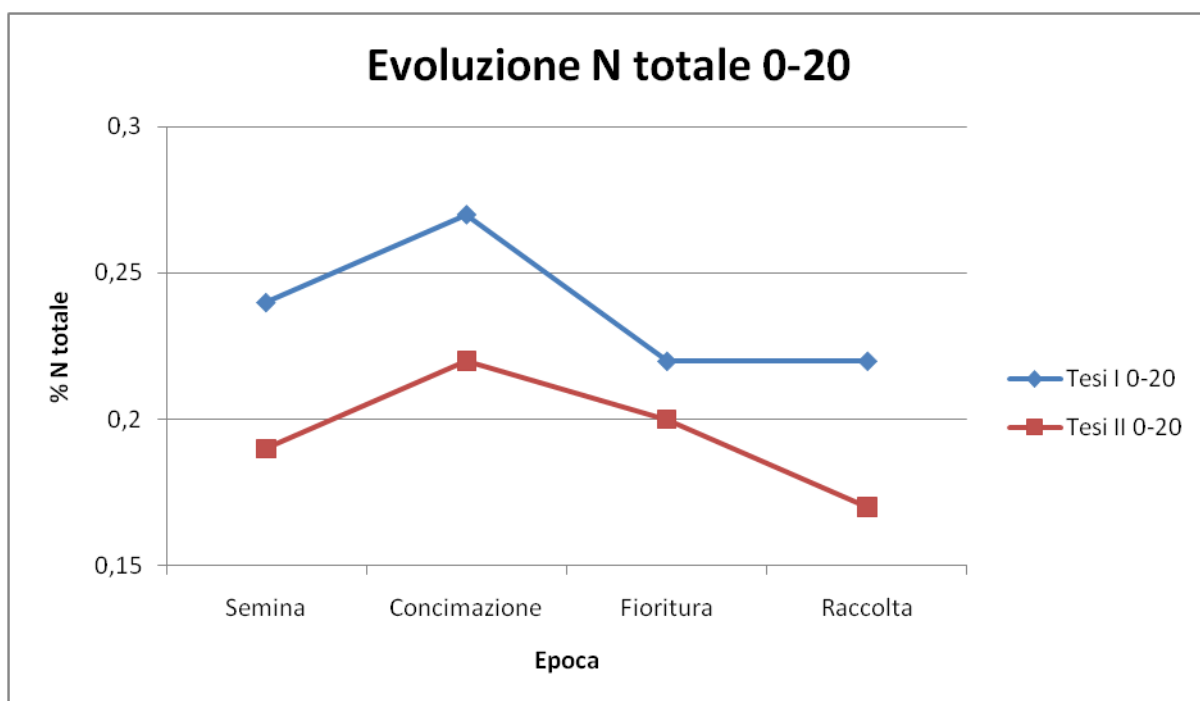


Figura 20 – Evoluzione del contenuto di N totale nello strato 0-20 cm

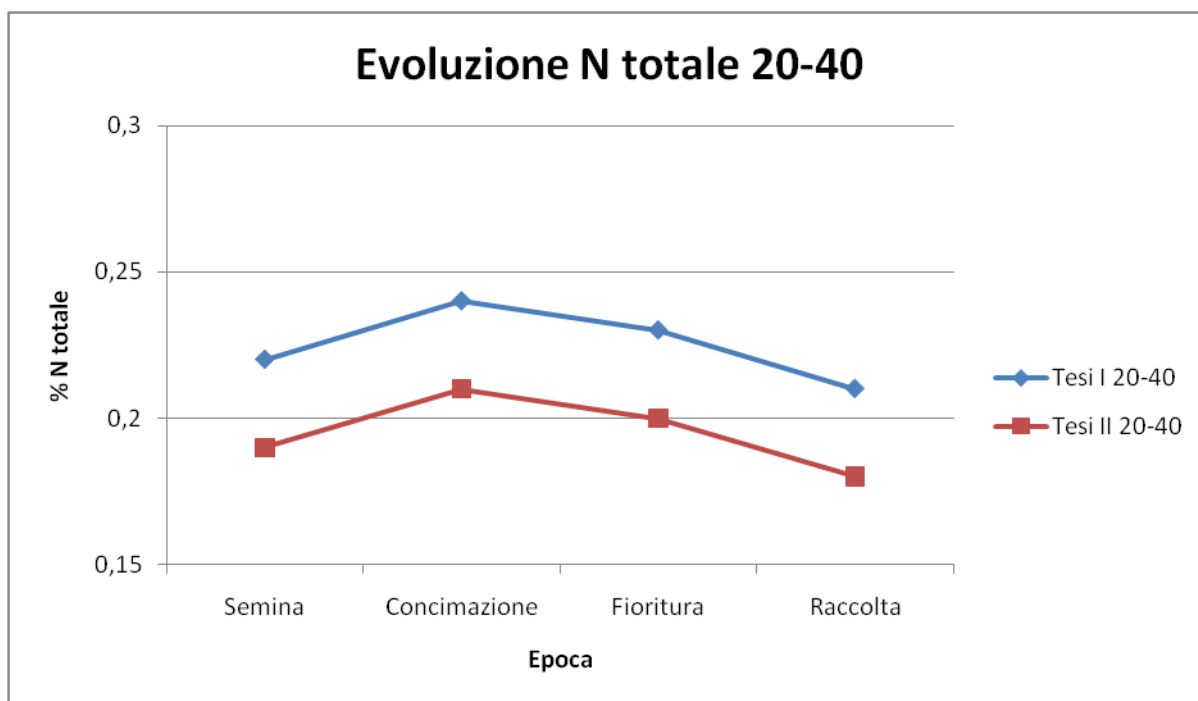


Figura 21 – Evoluzione del contenuto di N totale nello strato 20-40 cm

I valori di sostanza organica rilevati all’inizio ed al termine del ciclo culturale sono riportati in *Figura 22*.

All’inizio del ciclo culturale si nota, in entrambe le tesi, una netta differenza tra il tenore di sostanza organica rilevato nello strato più superficiale rispetto al tenore dello strato più profondo. Questo perché l’ammendante compostato viene interrato, insieme ai residui culturali, ad una profondità di circa 25 cm.

Al termine del ciclo culturale, nello strato tra 0 e 20 cm, si nota un maggior tenore in sostanza organica nella Tesi I rispetto alla Tesi II: questo è dovuto all’impiego, nella tesi I, del Dermazoto 11 che ha un titolo in sostanza organica dell’80%.

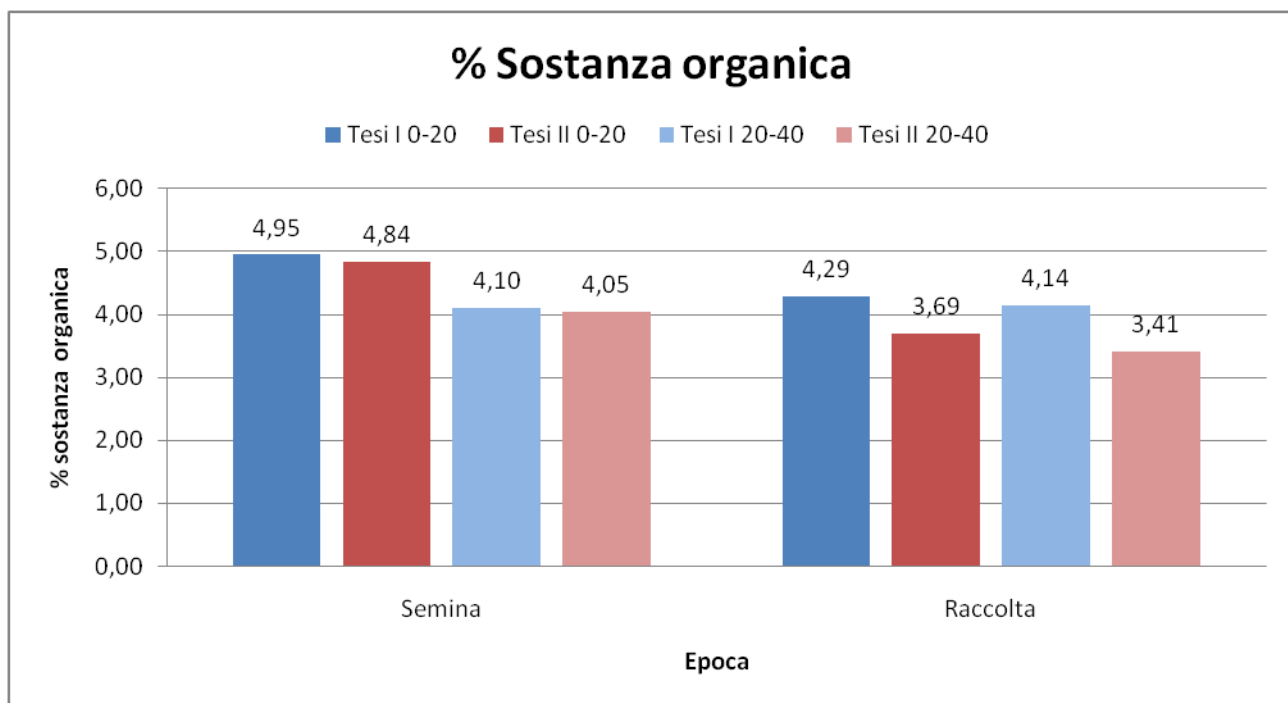


Figura 22 – Contenuto di S.O. delle due tesi alle diverse profondità

Il confronto in tenore di sostanza organica tra l’appezzamento Posta, coltivato con metodologia biologica, ed altri tre appezzamenti limitrofi condotti tradizionalmente, mette in luce nette differenze. I contenuti in sostanza organica degli appezzamenti convenzionali sono da considerarsi comunque molto buoni per una buona riuscita delle colture. L’appezzamento “Santus” risulta essere il meno dotato in sostanza organica, in quanto la fertilizzazione che vi si effettua è prettamente chimica, mentre gli appezzamenti “Lazzaroni” e “Consoli” vengono ammendati con pollina.

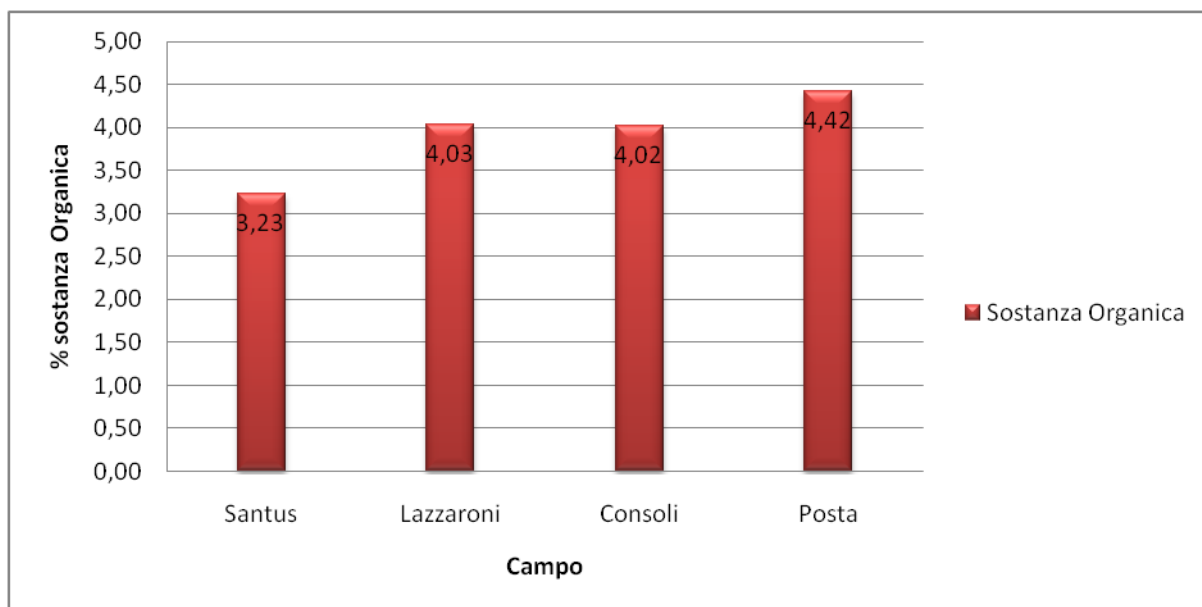


Figura 23 – Contenuto di S.O. negli appezzamenti in esame

Il rapporto C/N fornisce utile indicazione della tendenza alla mineralizzazione dei residui organici operata dalle comunità edafiche. Valori di rapporto C/N compresi tra 10 e 12 indicano un'umificazione completa della sostanza organica; valori più elevati, invece, corrispondono ad un'umificazione incompleta. Quando tale rapporto assume valori superiori a 30, i microrganismi entrano in competizione con le piante per l'utilizzo dell'azoto presente nel terreno, con una perdita di fitness da parte della pianta. Per la costanza del contenuto di carbonio che caratterizza la composizione chimica dei tessuti vegetali, il valore del rapporto C/N risulta inversamente proporzionale alla percentuale di azoto (P. Violante, 2005).

I dati ricavati per l'appezzamento "Posta", mostrano valori positivi per entrambe le Tesi in analisi. Si nota la linearità del valore nella Tesi I, mentre nella Tesi II, a causa del minor contenuto in azoto, il rapporto C/N aumenta.

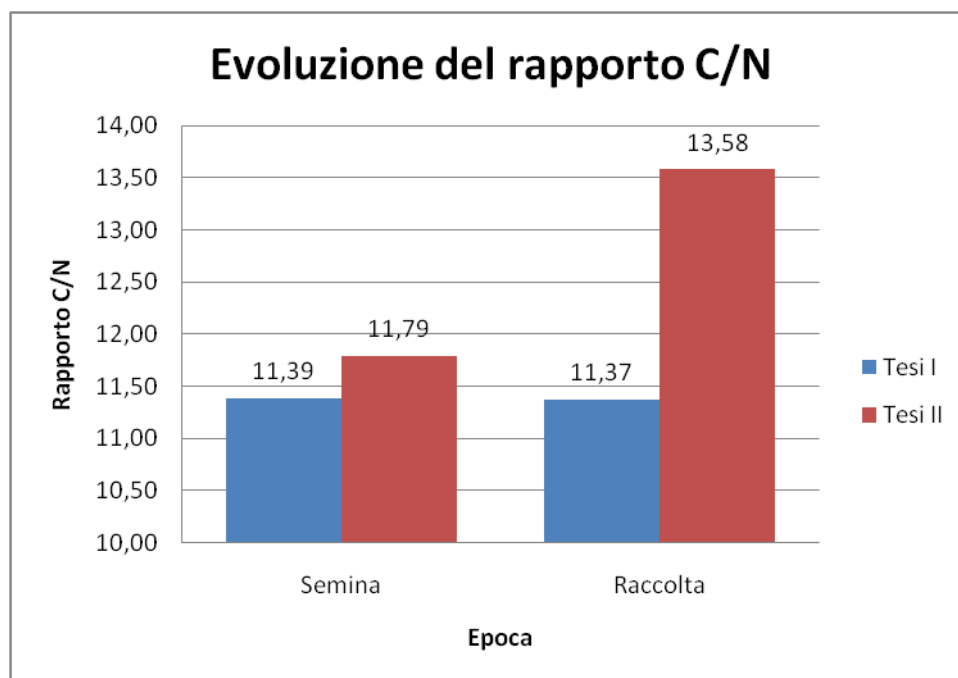


Figura 24 – Rapporto C/N dell'appezzamento Posta alla semina ed alla raccolta

3.3. Analisi sulle piante

3.3.1. Analisi chimiche

3.3.1.1. Azoto totale e carbonio organico

Nei vegetali, l'azoto, entra a far parte della composizione di numerosi composti, fra cui le proteine, gli enzimi, gli acidi nucleici, la clorofilla e alcune vitamine, tutti essenziali per lo svolgimento delle funzioni biologiche. L'azoto costituisce mediamente l'1-3% della sostanza secca dei tessuti maturi e fino al 5-6% di quella dei tessuti giovani. L'azoto è un nutriente ad azione plastica e occupa una posizione unica tra gli elementi essenziali per la crescita delle piante a causa della elevata quantità utilizzata. E' un elemento nutritivo che viene assorbito durante tutto il ciclo biologico delle piante, con il massimo fabbisogno nei momenti di massimo accrescimento.

In Figura 25 sono riportati i contenuti di azoto delle piante prelevate alla fioritura, quindi con tessuti giovani e ricchi di elementi, ed alla raccolta

I campioni raccolti nella Tesi I mostrano un contenuto in azoto maggiore rispetto a quelli raccolti nella Tesi II, il che mette in luce l'apporto di azoto tramite la concimazione con Dermazoto 11.

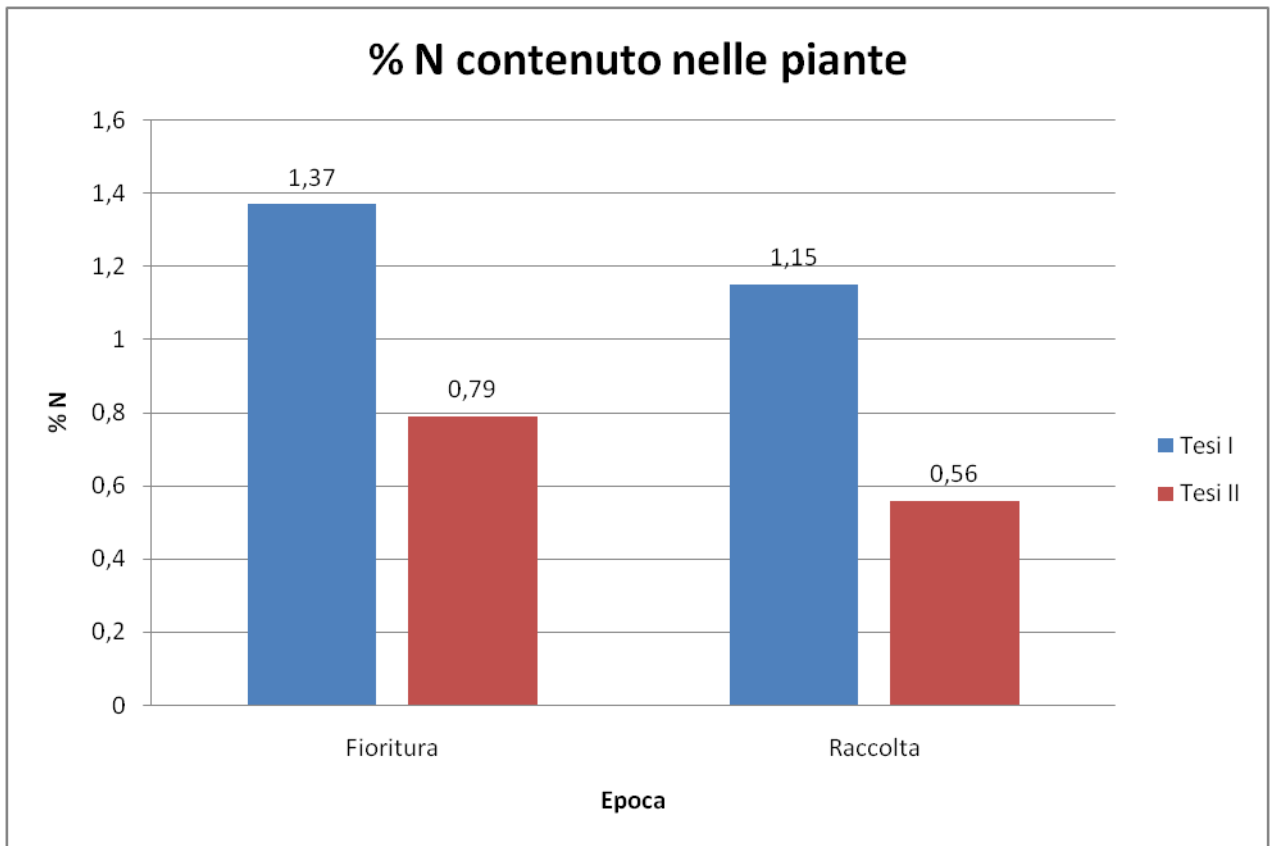


Figura 25 – Concentrazione % di N delle piante di mais Marano

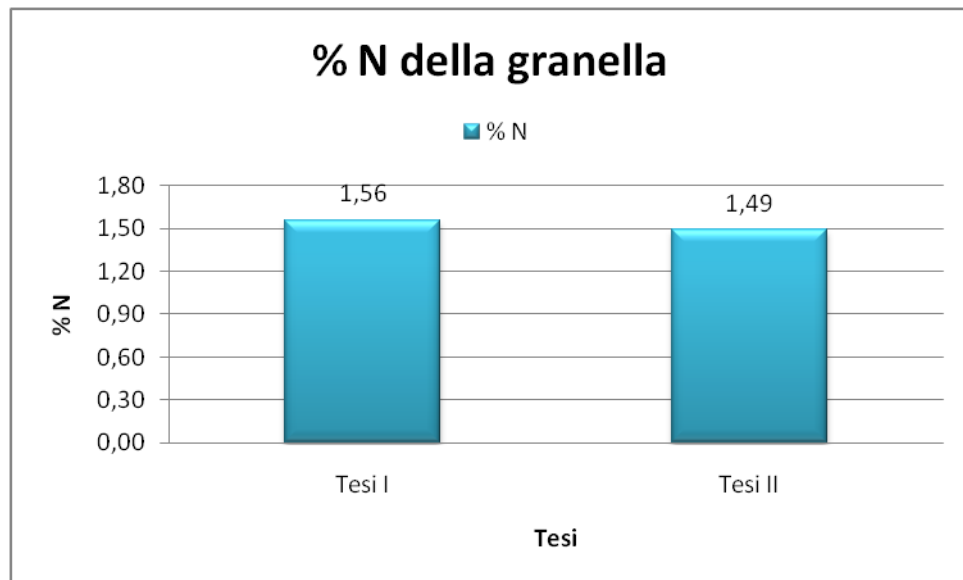


Figura 26 – Contenuto % di N nella granella

3.3.2. Altre analisi

3.3.2.1. Investimento colturale

L'investimento colturale medio per una coltura biologica, a parità di ibrido utilizzato, risulta minore rispetto ad una coltivazione tradizionale, in quanto l'impossibilità di usare concimi chimici a pronto effetto per la coltura, non permette di sfruttare eccessivamente le risorse nutritive presenti nel suolo con una densità di semina elevata.

In *Tabella 7* sono riportati i valori di investimento colturale rilevati nelle due differenti tesi: il valore medio si fissa intorno alle 5,7 piante m² a fronte di un investimento consigliato per la coltura di mais Marano di 5 – 7 piante m².

Tabella 7 – Investimento colturale

Tesi	Investimento colturale	Dev. St
Tesi I	5,9 piante m ²	0,41
Tesi II	5,5 piante m ²	0,61

3.3.2.2. *Indice di area fogliare (L.A.I., Leaf area index)*

Il valore di superficie fogliare di ogni punto viene mediato con quello degli altri punti ottenendo un LAI complessivo per ogni parcella che, come mostrato nel grafico di *Figura 27*, risulta di poco più esteso nella tesi che ha ricevuto ammendante compostato e Dermazoto 11.

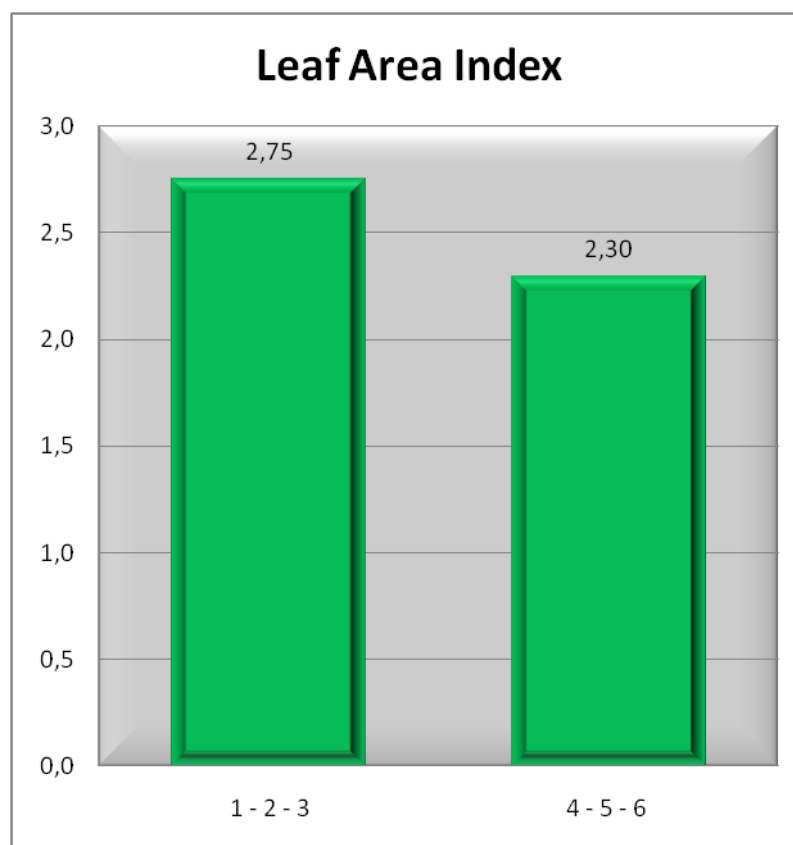


Figura 27 – Valori di LAI misurati nelle due tesi

I risultati ottenuti sono decisamente inferiori rispetto ad una generica coltura di mais che, senza stress idrico, all'emissione del pennacchio, presenta un indice di superficie fogliare di circa 3.5 – 4 (Baldoni e Giardini, 2000). Ciò è principalmente dovuto al basso investimento colturale realizzato nell'appezzamento.

3.3.2.3. Resa granellare e biomassa

Le rese in granella sono risultate maggiori nella Tesi I, mentre la biomassa, in termini di quantità di sostanza secca per ettaro, è risultata maggiore nella Tesi II (*Tabella 8*).

I valori di produzione granellare calcolati per entrambe le tesi, non sono attendibili rispetto ai valori di produzione realmente ottenuti nell'appezzamento. Il motivo di questa grande variabilità potrebbe derivare dal metodo di campionamento che considera la produzione media di sole 2 piante per ognuno dei punti di campionamento.

I valori di biomassa, ottenuti dai calcoli sperimentali, non sono attendibili considerando le rese granellari determinate sperimentalmente.

Tabella 8 - Biomassa totale e resa granellare misurate dalle analisi in campo

Tesi	Biomassa (t_{ss} ha⁻¹)	Dev. St.	Resa granellare (t ha⁻¹)	Dev. St.
TESI I	6,69	0,58	3,31	1,03
TESI II	7,82	2,37	3,15	0,51

4. Conclusioni

All'agricoltura moderna è richiesta l'adozione di pratiche agronomiche che siano in grado di preservare ed aumentare la sostanza organica nel suolo. Questa, infatti, non solo migliora la fertilità dei terreni, la produzione delle piante e la sostenibilità degli agroecosistemi, ma svolge anche un ruolo chiave nel ciclo globale del carbonio. L'utilizzo della pratica di ammendamento organico, punto cardine della coltivazione con metodologia biologica, viene presa in considerazione da un numero sempre maggiore di agricoltori, anche per una restrizione normativa sull'utilizzo dei fertilizzanti chimici.

Il confronto tra l'appezzamento Posta, gestito con pratiche di agricoltura biologica da sei anni, e i tre appezzamenti gestiti tradizionalmente, ha messo in luce differenze rilevanti in merito al tenore in sostanza organica dei suoli. L'appezzamento coltivato con metodo biologico presenta un contenuto in carbonio organico più elevato di circa il 19%, rispetto ai campi gestiti tradizionalmente. Lo spargimento di ammendante compostato, l'interramento dei residui colturali, la rotazione colturale (che prevede colture leguminose da sovescio) e la fertilizzazione con concimi organici ad elevato titolo in carbonio organico, sono pratiche agronomiche che permettono, nel tempo, un aumento del contenuto di sostanza organica nel suolo, che si traduce in una maggiore fertilità dello stesso.

Il confronto tra le due tesi non ha messo in luce differenze significative per quanto riguarda le produzioni e gli indici colturali presi in considerazione. Questo indica che la concimazione effettuata con Dermazoto 11 non ha avuto influenze positive sulla produttività della coltura.

Confrontando i risultati delle analisi chimiche del suolo, si sono rilevate concentrazioni maggiori di azoto minerale e totale ed un maggior tenore in sostanza organica nella tesi I, in accordo con la tecnica colturale, che per questa tesi ha previsto una concimazione di copertura con Dermazoto 11. In merito alle analisi eseguite sulle piante, si osservano concentrazioni maggiori di azoto sia nella pianta sia nella granella, per la tesi I. Questo indica che la maggior disponibilità di azoto nel terreno, data dalla concimazione di copertura, è stata percepita dalla pianta, che ha comunque assorbito l'N presente nella soluzione circolante del suolo, senza però riuscire ad incrementare la propria produzione. In questo specifico caso il fattore limitante non è da ricercare nell'elemento azoto ma potrebbe riguardare altri fattori, tra cui la disponibilità di elementi in forma assimilabile, la carenza idrica o la potenzialità produttiva della varietà

Inoltre i dati ottenuti mostrano, nella Tesi I, un accumulo di azoto nel terreno al termine della coltura, probabilmente proveniente dalla mineralizzazione del Dermazoto 11. Questa quantità residua di azoto che verrà lisciviata durante l'inverno, rappresenta sia una potenziale fonte di inquinamento delle falde acquifere, sia uno spreco di fattori di produzione da parte dell'azienda.

Data la medesima produzione riscontrata nelle due tesi, l'applicazione del Dermazoto 11 è risultata quindi tardiva. Non si è tenuto conto dei lunghi tempi di mineralizzazione, che questo tipo di concime richiede, compresi tra 2 e 4 mesi. In conclusione, resta da verificare la convenienza ad applicare Dermazoto11 ad una coltura di mais Marano, caratterizzata da limitata produttività, e valutarne la corretta epoca di distribuzione.

5. Bibliografia

AA.VV. Lezioni di agricoltura biologica, Ed. Alce Nero ne parla, 1981

Bernardoni E., L'irrigazione del mais con sistema center pivot: valutazioni a scala di campo. Tesi di laurea, Università degli studi di Milano a.a. 2006-2007

Carozzi M., 2004. Minima lavorazione e semina su sodo del mais: risultati agronomici e messa a punto di un metodo per valutare la qualità complessiva dei due sistemi. Tesi di Laurea, Università degli studi di Milano, a.a. 2004-2005

Consorzio Italiano Compostatori: CIC; Rapporto CIC 2010 sullo stato dell'arte del compostaggio in Italia e all'estero, 2010

Centemero M., Il ruolo del compost nei piani di fertilizzazione, L'informatore Agrario, 40/2002

Chiarini e Conte, Avvicendamenti, consociazioni e fertilità del suolo in agricoltura biologica, 2010

Consorzio Italiano Compostatori, Rapporto CIC 2010 sullo stato dell'arte del compostaggio in Italia e all'estero, 2010

CRAB, Valorizzazione di compost certificato per l'agricoltura biologica, 2006

D.M. n° 79 del 11/05/1992, Metodo ufficiale n°V

D.M. del 01/08/1997, Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo

Diacono M., Montemurro F., Compost da rifiuti organici per l'agricoltura biologica

Draghetti A, "Principi di fisiologia dell'azienda agraria", 1948

FAO, Guidelines for the productions, processing, labeling and marketing of organically producer foods; Adopted 1999. Revisions 2001, 2003, 2004 and 2007. Amendments 2008, 2009 and 2010

Ferro G.M., Dinamica della sostanza organica e dell'azoto in terreni fertilizzati con ammendanti, Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli studi di Padova, a.a. 2008-2009

Grigolo U., Antiche varietà di cereali: il mais Marano, Vita in campagna 11/2007

Marangoni, Toselli, Baldi: influenza della sostanza organica sulla morfologia, sviluppo ed efficienza radicale delle piante da frutto, Università di Bologna

Menguzzato A., Analisi comparata delle esternalità ambientali dell'agricoltura biologica e convenzionale mediante benefit transfer, Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli studi di Padova, a.a. 2007-2008

Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, MiPAAF, Italian organic food style, 2010

Research Institute of Organic Agriculture FiBL: Organic agriculture land, share of total agriculture land, producers; January 6, 2011

Research Institute of Organic Agriculture FiBL and International Federation of Organic Agriculture Movements IFOAM: Organic Agricultural Land: By Country, Share of Total Agricultural Land 2005-2009; February 14, 2011

Sistema di Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica, SINAB, Bio in cifre, 2009

Spigarolo R., 1990, Agronomia, Ed. Zanichelli

Violante P, 2005. Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. Edagricole, Edizioni Agricole.

Vizioli V., Conversione al biologico, Ed. AIAB, 2003

Western Region USDA SARE program, Organic Farming Compliance Handbook: A Resource Guide for Western Region Agricultural Professionals, 2005

www.eur-lex.europa.eu, Regolamento CE 2092/91, 1991

www.eur-lex.europa.eu, Regolamento CE 834/2007, 2009

Usubelli A., Analisi ed evoluzione della fertilità dei suoli gestiti con tecniche di lavorazione conservativa. Tesi di laurea, Università degli studi di Milano, a.a. 2009/2010

Ringraziamenti

Desidero ringraziare innanzitutto i miei genitori che mi hanno spinto e motivato al raggiungimento di questo importante obiettivo.

Un grazie ai titolari delle aziende del gruppo Paradello, che mi hanno permesso di collegare l'esperienza del lavoro con lo studio.

Un ringraziamento a tutti gli amici che mi hanno sostenuto e continuano a farlo: Luca, Davide, Marco, Alex, Jack, Elisa, Maddalena, P. Fabio, la zia Adri, il gruppo dei "Gnari del Baule".

Un ringraziamento a chi ha affrontato insieme a me questo percorso di studi: Andrea, Christian, Daniele, Michela, Silvia e tutto il gruppo del corso di laurea in Produzione Vegetale.

Grazie infine al prof. Acutis, Marco, Ettore e Francesco per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro e per avermi aiutato in questa esperienza.