



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN  
TERRITORIO AMBIENTE RISORSE E SALUTE

CICLO XXVI

# **Potenzialità e prospettive dell'Agricoltura Conservativa nel territorio Veneto**

*Direttore della Scuola:* **Prof. Mario Aristide Lenzi**

*Supervisore:* **Prof. Luigi Sartori**

*Correlatori:* **Dott. Lorenzo Furlan**  
**Prof. Bruno Basso**

*Dottorando:* **Dott. Andrea Pezzuolo**



# INDICE

INDICE.....	1
RIASSUNTO.....	3
ABSTRACT .....	5
CAPITOLO I – INTRODUZIONE .....	9
1.1 Agricoltura Conservativa.....	10
1.2 Diffusione e sviluppo.....	15
1.2.1 Diffusione – Italia .....	16
1.2.2 Diffusione – Europa.....	19
1.2.3 Diffusione – Mondo.....	21
1.3 Aspetti agronomico - ambientali .....	23
1.3.1 Rotazione e avvicendamento .....	27
1.3.2 Colture di copertura (cover-crops).....	28
1.4 Aspetti economici .....	33
1.5 Aspetti tecnico-agronomici.....	37
1.5.1 Suolo .....	38
1.5.2 Residuo colturale .....	41
1.5.3 Gestione delle infestanti.....	43
1.6 Aspetti fitosanitari .....	46
CAPITOLO II – TECNOLOGIE MECCANICHE CONSERVATIVE .....	57
2.1 Lavorazioni convenzionali.....	57
2.2 Minima lavorazione del terreno.....	59
2.2.1 Minima lavorazione profonda.....	59
2.2.2 Minima lavorazione superficiale.....	65
2.3 Semina su sodo .....	70
2.3.1 Limiti e prospettive .....	70
2.3.2 Componenti tecniche delle seminatrici da sodo.....	73
CAPITOLO III – GLI EFFETTI DELLE LAVORAZIONI.....	85
3.1 Carbonio organico .....	85
3.3 Erosione e lisciviazione .....	89
3.4 Compattamento del terreno.....	92
CAPITOLO IV – AGRICOLTURA E CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	95
4.1 Cambiamenti climatici.....	95
4.1.1 Il Protocollo di Kyoto .....	98
4.2 Interazione agricoltura e cambiamenti climatici.....	101
4.3 Interazione suolo e cambiamenti climatici .....	105
4.4 Aspetti politici e gestionali a livello extra-europeo.....	109
4.5 Aspetti politico - gestionali a livello europeo.....	112
4.5.1 Il ruolo della Politica Agricola Comunitaria (PAC) .....	113
4.5.2 Politiche Europee post-Kyoto .....	115
4.5.3 Strategie di mitigazione .....	117

4.5.4 Strategie di adattamento .....	121
4.6 Aspetti politico - gestionali a livello italiano .....	124
CAPITOLO V – REALTA’ AGRICOLA VENETA.....	127
5.1 Superfici agricole e livelli di carbonio organico .....	127
5.2 L’introduzione delle Misure Agro - ambientali.....	131
5.2.1 La Misura 214/i del PSR del Veneto 2007 – 2013 .....	133
5.2.2 Aspetti tecnico-economici relativi alla Misura 214/i – Azione 1 .....	138
CAPITOLO VI – OBIETTIVO DELLA TESI .....	147
CAPITOLO VII – MATERIALI E METODI.....	149
7.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull’investimento colturale nell’ambito della semina su sodo .....	149
7.1.1 Parametri sperimentali valutati .....	150
7.1.2 Aspetti tecnico-climatici .....	154
7.2 Monitoraggio aziendale per l’analisi energetica e del carbonio .....	163
7.2.1 Bilanci energetici e della CO <sub>2</sub> .....	165
7.3 Applicazione del modello previsionale SALUS .....	168
7.3.1 SALUS – Funzionamento.....	168
7.3.2 SALUS – Impostazione del dataset .....	170
7.3.2 SALUS – Dati aziendali e taratura del modello .....	172
CAPITOLO VIII – RISULTATI E DISCUSSIONI .....	183
8.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull’investimento colturale .....	183
8.1.1 Analisi penetrometrica.....	183
8.1.2 Valutazione dell’investimento colturale per le colture di mais e soia .....	190
8.2 Bilancio energetico ed emissioni di CO <sub>2</sub> nelle aziende agricole aderenti alla Misura 214/i – azione 1 .....	204
8.2.1 Valutazioni energetiche .....	204
8.2.2 Valutazione delle emissioni di CO <sub>2</sub> .....	218
CAPITOLO IX – CONCLUSIONI.....	227
9.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull’investimento colturale nell’ambito della semina su sodo .....	227
9.1.1 Analisi penetrometrica.....	227
9.1.2 Valutazione dell’investimento colturale per le colture di mais e soia .....	230
9.2 Bilancio energetico ed emissioni di CO <sub>2</sub> nelle aziende agricole aderenti alla Misura 214/i – azione 1 .....	232
9.2.1 Valutazioni energetiche .....	232
9.2.2 Valutazione delle emissioni di CO <sub>2</sub> .....	234
CAPITOLO X – BIBLIOGRAFIA .....	239

## RIASSUNTO

I processi di degrado dei suoli agricoli sono oramai noti e diffusi a livello mondiale.

Tra le principali cause, un peso rilevante è assunto dalle pratiche di lavorazione del terreno che ne compromettono le peculiarità e li espongono maggiormente a perdite di fertilità. Negli anni, infatti, l'utilizzo intensivo di tecniche con inversione degli strati ha portato a importanti degradazioni della struttura, inducendo a un generale peggioramento della capacità di infiltrazione, fenomeni di intenso compattamento e a una riduzione del tenore di sostanza organica con forti ripercussioni sull'attività biologica e microbiologica.

Alla luce di queste considerazioni, fortemente supportate sia dalle Politiche Agricole Europee che dal mondo scientifico, la Regione Veneto è stata la prima realtà italiana a predisporre nell'ambito del suo Programma di Sviluppo Rurale 2007–2013 una specifica misura (214/i) per promuovere una gestione agro-compatibile delle superfici agricole. Fra le diverse Sottomisure, quella dedicata all'agricoltura conservativa (214/i – Azione 1) tende a modificare il suolo attraverso percorsi in parte diversi da quelli dell'agrosistema convenzionale e più simili a quelli tipici degli ecosistemi naturali. Il mantenimento in superficie del residuo colturale e la preservazione del profilo del terreno che esclude la possibilità di eseguire anche un solo parziale interrimento, genera dinamiche chimico-fisiche e soprattutto biologiche sul e nel suolo diverse rispetto alle altre Sottomisure dedicate per lo più a correttivi di una agricoltura più convenzionale.

Un'approfondita analisi di questa sottomisura agro-ambientale del PSR ha rappresentato la principale attività di ricerca. In particolar modo, presso le principali aziende pilota di Veneto Agricoltura, si è eseguito un diretto controllo delle tematiche agronomico - colturali quali il monitoraggio delle fasi di emergenza delle colture di mais e soia con valutazione dei relativi danni da fitofagi e l'evoluzione del compattamento del terreno mediante analisi penetrometrica.

Inoltre, a supporto delle attività di campo è stata eseguita un'attività di monitoraggio aziendale condotta presso otto aziende agricole aderenti alla misura situate nelle provincie di Rovigo, Treviso e Venezia al fine di valutare l'influenza della misura 214/i – Azione 1 da un punto di vista energetico e del bilancio del carbonio.

Le due attività, tra loro sinergiche, affiancate dall'utilizzo del modello previsionale SALUS ha permesso di valutare in termini produttivi ed energetici la sostenibilità applicativa della misura nel medio periodo fino al 2015 e nel lungo periodo fino al 2025



## **ABSTRACT**

Degradation processes of agricultural soils are internationally well known and widespread. Among the others, one of the main causes of such phenomenon is soil-tillage: indeed it can compromise the quality of the soil exposing it to considerable fertility loss.

Over the years, intensive plowing and deep tillage in general have led to significant degradation of soil structure, worsening of infiltration capacity, soil-compaction and reduction in organic matter content. Such effects have eventually led to important impact on the biological soil-activity.

On the basis of these considerations, supported by Political European Agriculture and by the scientific world, Veneto Region was the first Italian region to draw within the Rural Development Program 2007-2013 a specific action (PSR - Misura 214/i) to promote agro-compatible management of agricultural lands. This action is aimed to change soil management, overcoming conventional agro-system approach and favoring attitudes inspired by or typical of natural ecosystems. Compared with other PSR actions mainly devoted to modify and correct existing conventional agriculture practices, “Misura 214/i” allows enhancement of dynamic physical-chemical and biological positive effects especially in soil through maintenance of crop residue on surface and no-tillage.

The present research activity deals with a thorough analysis of the 214/i action. In particular research has been carried out, at Veneto Agricoltura farms, focusing into agronomic and crop aspects: monitoring of the emergency phases of corn and soybeans crops, evaluation of their damage from pests and evolution of soil compaction by penetrometer analysis.

In support of field activities, eight farms adherent to the measure 214/i located in the provinces of Rovigo, Treviso and Venice were monitored in order to evaluate the influence of the action from the energy and carbon balance point of view.

The two research activities, synergically provided a comprehensive data set for effective implementation of the predictive model SALUS, which allowed evaluation in terms of production and energy sustainability application of the action in the medium term (up to 2015) and in the long run (up to 2025).





*A Maddalena e alla mia famiglia*

*Perché conservativa? Come distinguerla da un'agricoltura non-conservativa?  
L'agricoltura deve essere sempre conservativa.  
Se l'agricoltore non ha il senso della protezione e della conservazione della fertilità della  
sua terra manca al suo principale dovere [...]*

*Ernesto Cervi Ciboldi  
Il significato dell'Agricoltura Conservativa*



## **CAPITOLO I – INTRODUZIONE**

L'agricoltura è sempre stata l'attività primaria con cui l'uomo ha gestito il suo rapporto con le risorse naturali. Nei secoli, le tecniche agricole si sono progressivamente evolute con il modificarsi della società che le praticava, passando da agricolture di sussistenza, empiriche e poco intensive, ad agricolture moderne e industriali che, per effetto della meccanizzazione e di efficienti tecnologie, hanno saputo garantire elevate produttività con un più basso dispendio energetico per unità di prodotto ma anche un aumento della pressione e dello sfruttamento delle risorse naturali.

La moderna agricoltura dovrà porsi sempre più l'obiettivo di sostenere la crescente domanda di alimenti legata all'incremento demografico con una disponibilità di superfici coltivabili limitate e in continua contrazione a causa dell'urbanizzazione, salinizzazione, desertificazione e degrado ambientale garantendo al tempo stesso un ambiente vivibile e funzionale, nel rispetto delle risorse naturali.

L'importante incremento della produttività segue quindi un inevitabile miglioramento dell'efficienza delle colture e delle tecniche agronomiche, avendo cura di salvaguardare le interazioni tra produzione, protezione ambientale, valori sociali ed economici a livello territoriale.

In questo contesto, gli obiettivi che la ricerca ormai da tempo si impone di raggiungere con modelli di sviluppo capaci di razionalizzare l'utilizzo delle risorse ambientali possono essere oggi meglio recepiti, soprattutto da chi individua l'attuale crisi di mercato delle macchine agricole non tanto come una crisi di recessione dovuta a una saturazione della domanda, ma come una crisi di cambiamento tecnologico.

Per la realtà agricola italiana, caratterizzata da una notevole frammentazione aziendale, ma con condizioni pedoclimatiche favorevoli, il modello di sviluppo tecnologico che meglio può adattarsi deve essere caratterizzato dalla compenetrazione tra le innovazioni apportate dalle biotecnologie e dalle tecnologie conservative e valorizzatrici proposte dalla meccanizzazione agricola.

Sarà così possibile perseguire la massimizzazione del rapporto benefici – costi grazie alla maggiore razionalizzazione dei fattori produttivi, nell'ottica delle possibilità offerte dallo sviluppo delle biotecnologie e delle tecnologie valorizzatrici, capaci di migliorare la produttività del lavoro dell'uomo nel pieno rispetto delle componenti ambientali.

## 1.1 Agricoltura Conservativa

L'aratura per molti secoli è stata sinonimo di agricoltura perché ha consentito la messa a coltura di estese superfici destinate ad altri usi (pascoli e boschi) e per lungo tempo ha favorito l'incremento delle produzioni unitarie per la contemporanea evoluzione delle tecniche agronomiche (Dick e Durkalski, 1997).

L'Agricoltura Conservativa (AC) rappresenta un nuovo sistema di produzione agricola per la protezione dell'acqua e del suolo che integra aspetti agronomici, ambientali ed economici diffuso a scala mondiale su una superficie di oltre 100 milioni di ettari (Derpsch, 2005).

Il termine Agricoltura Conservativa è stato adottato durante il Primo Congresso Mondiale sull'AC, tenutosi a Madrid nel 2001 basandosi sui suoi tre importanti pilastri operativi (Fig. 1):

- Riduzione dell'intensità della lavorazione del terreno mediante agrotecniche in grado di non eseguire un'inversione degli strati.
- Applicazione di rotazioni colturali diversificate (Kassam et al., 2009).
- Garantire una copertura permanente del suolo attraverso un'ottimale gestione del residuo colturale e delle colture di copertura.

Grazie al rispetto di questi importanti principi operativi, i principali benefici che l'AC si propone nei confronti del terreno agrario sono la riduzione dell'erosione, la conservazione dell'acqua e della sostanza organica, il miglioramento o la conservazione delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Oltre a questi vantaggi, legati direttamente al suolo, è possibile ottenere anche una maggiore flessibilità nelle operazioni colturali, da cui una migliore efficienza del lavoro e della manodopera, e infine, una riduzione del traffico veicolare con positive conseguenze sulla porosità del terreno e sul risparmio energetico dei carburanti fossili (riduzione del 30-70% dei costi di coltivazione) (Pisante, 2013).

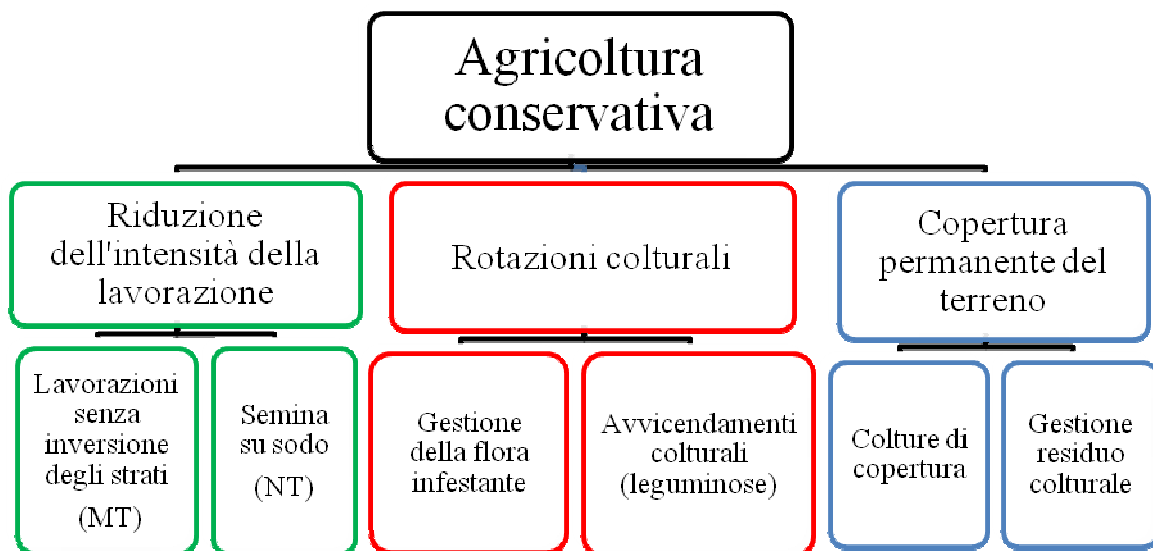


Fig. 1 – I tre pilastri operativi dell’Agricoltura Conservativa (Pisante, 2013).

In Europa, l’AC va progressivamente affermandosi con un incremento costante delle superfici fino all’attuale 15% dei terreni agricoli coltivati (Jones et al., 2006).

Il ritardo Europeo rispetto ad altri Paesi come Argentina, Brasile, Canada, USA è attribuibile in larga parte alla Politica Agricola Comunitaria che storicamente ha sempre erogato sussidi rivolti perlopiù alla produttività e al reddito, mentre lo sviluppo rurale era poco conosciuto e valorizzato.

Le successive riforme comunitarie, hanno ristabilito l’importanza di un’evoluzione rurale rivalutando la sostenibilità, l’integrazione ambientale e lo sviluppo rurale. La più recente riforma agricola comunitaria ha aperto nuove prospettive per lo sviluppo rurale introducendo misure in grado di sostenere la conservazione delle risorse naturali, riallineando domanda e offerta produttiva, offrendo agli agricoltori la flessibilità di poter diversificare le loro attività rurali e decidere “come” e “cosa” produrre.

La riforma però, ha introdotto in modo esplicito nuove richieste agli agricoltori attraverso la valorizzazione di sistemi di gestione sostenibile con l’adozione di differenti pratiche agricole, per conservare i loro terreni in buone condizioni agronomiche.

L’AC, ma anche l’Agricoltura di Precisione, possono rappresentare concreti esempi di questa evoluzione, entrambi infatti, rappresentano tipologie di agricoltura il cui valore aggiunto è riconosciuto direttamente dalla Politica Agricola Comunitaria, focalizzando l’aspetto conservativo del suolo, attraverso l’incremento della sostanza organica e della

biodiversità, riducendo l'erosione, il compattamento ed implementando la “conservazione e il controllo delle risorse naturali”.

Tuttavia, mentre è relativamente agevole la definizione di “buone pratiche agricole” più complessa è la definizione dei metodi di agricoltura e le relative *best practices* che vanno introdotte (e quindi sostenute) per dare la possibilità agli agricoltori di usufruire dei benefici e delle recenti opportunità offerte dai nuovi sistemi di produzione sostenibile.

Fino al 2002 non c'è stata una politica specifica di protezione del suolo a livello comunitario, anche se alcuni aspetti, relativi alla difesa di questa risorsa erano incluse in diverse disposizioni della normativa ambientale comunitaria vigente in materia di acque, rifiuti, sostanze chimiche, prevenzione dell'inquinamento di origine industriale, tutela della natura e pesticidi (Pisante, 2013).

Con la decisione n. 1600/2002/CE è stato istituito il 6° Programma Comunitario d'Azione in materia di ambiente 2002 – 2010 che prevede, tra i suoi obiettivi, la tutela delle risorse naturali e l'incentivo a un utilizzo sostenibile del suolo, nella crescente consapevolezza che la protezione del suolo, al pari degli altri temi ambientali, necessita di una adeguata politica comunitaria al fine di arrestarne il degrado e invertire le tendenze in atto.

La Commissione ha messo in evidenza i processi di degrado più gravi come:

*Sottrazione di superfici agricole per scopi urbanistici:* l'impermeabilizzazione di superfici agricole, oltre a costituire direttamente una riduzione di disponibilità di questa risorsa, innesca pericolosi fenomeni di erosione e smottamenti compromettendo alcune importanti funzioni ecosistemiche. Nelle regioni più colpite da questo fenomeno, è stata registrata una sottrazione di circa 8-10 ha/giorno e complessivamente in Italia si “cementifica” ogni giorno 100 ha di suolo (Pisante, 2013).

*Erosione:* secondo le stime dell'Agenzia Europea dell'ambiente, 115 milioni di ettari, pari al 12% della superficie totale delle terre emerse europee, sono soggetti a erosione idrica, mentre 42 milioni di ettari sono colpiti dal fenomeno dell'erosione eolica, di cui il 2% in modo grave. L'erosione oltre ad asportare fisicamente una quota di terreno non sempre immediatamente percettibile, va a incidere negativamente sulla frazione di suolo più fertile rappresentata dalle particelle più leggere e fini (Pisante, 2013).

In Italia, l'incidenza di tale fenomeno è doppia rispetto alla media europea (3,11 t/ha/anno rispetto a 1,64 t/ha/anno). Tuttavia, tale fenomeno, può essere fortemente accelerato da pratiche agronomiche errate e da radicali cambiamenti di uso del territorio (es. deforestazione, messa a coltura di superfici a prato stabile).

*Diminuzione della sostanza organica:* la sostanza organica contenuta nei suoli agrari svolge un ruolo fondamentale nel ciclo del carbonio.

Il suolo, infatti, svolge contemporaneamente la funzione di emettitore di gas serra e di deposito di carbonio, con oltre 1500 Gt di carbonio organico e inorganico (Lal, 2004)

Si calcola che circa il 45% dei suoli europei presenti un contenuto scarso o molto scarso di sostanza organica (compreso tra lo 0% e il 2% di carbonio organico) e il 45% un contenuto medio (2-6%); questa situazione riguarda in particolare l'Europa meridionale ma colpisce anche aree agricole della Francia, della Germania, del Regno Unito e della Svezia (Zdruli et al. 2004). La diminuzione della componente organica dei suoli è particolarmente preoccupante in alcune aree italiane, nelle quali il suo tenore risulta ormai prossimo o inferiore all'1% con elevate probabilità di destabilizzazione della struttura glomerulare.

Tale riduzione è da imputare a un'intensificazione delle lavorazioni, alla scomparsa delle rotazioni prative, alla riduzione o all'assenza delle restituzioni di sostanza organica tramite i residui colturali o i reflui zootecnici, in particolare in forma di letame.

*Compattamento del terreno:* una distribuzione critica delle precipitazioni associata a suoli con elevato contenuto di argilla e limo, destrutturati e con basso contenuto di sostanza organica porta a una riduzione del numero di giorni disponibili per l'esecuzione delle operazioni colturali costringendo gli operatori a operare in condizioni di campo non ottimali.

La conseguente riduzione della porosità genera una non ottimale abitabilità per l'apparato radicale delle colture agrarie e per il proliferare degli organismi pedologici.

I danni che ne possono derivare dall'insufficiente attenzione alle esigenze del terreno possono assumere carattere temporaneo, e quindi in qualche modo risanabile, oppure permanente, significando in questo caso che la tempistica necessaria al ripristino di condizioni fertili si estende per periodi temporali troppo ampi per essere presa in considerazione come ragionevole rimedio.

Le stime sulle superfici a rischio di compattazione sono variabili. Secondo Hamza e Anderson (Hamza e Anderson, 2005) circa il 36% dei sottosuoli europei è sensibile o molto sensibile a questo fenomeno.

*Salinizzazione*: in conseguenza di irrigazioni con acque inadeguate all'utilizzo agricolo o di una cattiva gestione delle disponibilità idriche, può provocare una vera e propria desertificazione, in quanto il suolo viene reso inidoneo per lo sviluppo di organismi pedologici e della vegetazione. Si stima che l'accumulo di sali solubili nel suolo, principalmente sodio, magnesio e calcio colpisca 3,8 milioni di ettari in Europa.

Le regioni più colpite sono la Campania, la Valle dell'Ebro in Spagna ma anche zone della Grecia, del Portogallo, della Francia, della Slovacchia e dell'Austria.

*Diminuzione della biodiversità*: tale aspetto non è da intendersi soltanto come una perdita di diversità genetica, specie, ecosistemi e funzioni, ma anche come una minore capacità metabolica dell'ecosistema. Sulla biodiversità del suolo incidono tutti i processi di degrado sopra descritti che in egual misura portano a una perdita di biodiversità.

La gestione sostenibile della produzione agricola, per incrementare gli effetti positivi sull'ambiente, richiede un approccio integrato delle tecnologie disponibili e una progressiva riduzione delle pratiche che provocano un marcato impatto al suolo. Pertanto, al fine di contrastare, ridurre e minimizzare gli effetti negativi delle attività agricole, un importante ruolo può essere svolto dalle tecniche agro-ambientali idonee a prevenire e sostenere uno sviluppo eco-compatibile delle aree agricole.

Tuttavia, è necessario un grande sforzo nel settore dei servizi all'agricoltura per trasferire la tecnologia in normative regionali, nelle imprese private e nelle organizzazioni agricole.

Le misure agro-ambientali dovranno essere il punto di riferimento per dare inizio alla concreta integrazione delle pratiche ecocompatibili e, sebbene l'inizio non si facile, le nuove misure di accompagnamento nei piani di sviluppo rurale di alcune Regioni italiane che già contemplano l'AC, perché normalmente si possono conciliare o integrare le necessità economiche e quelle ambientali dell'agricoltura italiana nel più ampio obiettivo dello sviluppo e dell'integrazione dei Paesi Europei (Pisante, 2013).



## 1.2 Diffusione e sviluppo

In molte parti del mondo l'AC, razionalizzando e riducendo gli input energetici e, in particolare i combustibili fossili, risulta sensibilmente più sostenibile rispetto all'agricoltura basata su tecniche di coltivazione convenzionale.

Esistono evidenti progressi documentati sulla diffusione dell'AC a scala mondiale, stimolati dalla necessità di adottare innovativi sistemi di gestione agricola che assicurano un equo tornaconto, competitivo e duraturo, contraddistinti da modelli di gestione integrata delle risorse e degli input che fanno percepire la strategia nuova di una moderna agricoltura vicina all'ambiente che soddisfa gli attuali fabbisogni senza pregiudicare il futuro.

Prima dell'evoluzione tecnologica, svolta anche sulle macchine da raccolta per la distribuzione uniforme dei residui colturali sulla superficie, l'AC si praticava prevalentemente attraverso la minima lavorazione senza inversione degli strati e la semina diretta. Questo pionieristico sistema di gestione semplificata delle pratiche colturali ha rappresentato per diversi decenni la Prima Generazione dell'AC.

Gli adattamenti e le continue innovazioni apportate alle macchine operatrici, parallelamente alla disponibilità di mezzi tecnici differenziati per il controllo e la gestione della flora infestante, hanno consentito di praticare la semina diretta su terreno coperto da residui colturali o su colture di copertura appositamente gestite con l'ausilio di prodotti chimici e più recentemente con mezzi fisico-meccanici.

L'ingresso delle tecnologie GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), come la guida parallela per il traffico controllato, applicate in conformità dei principi dell'AC, rappresentano la Seconda Generazione dell'AC. Questa evoluzione generazionale dell'AC dimostra la maturità del sistema e che la sua diffusione può rappresentare un'importante opportunità per valorizzare aree rurali e produrre effetti ambientali a lungo termine, contribuendo a rendere sempre più compatibile l'Agricoltura con gli ecosistemi naturali.

Appare evidente che tutto ciò richiede una massa critica di ricercatori, programmi governativi e investimenti di lungo periodo in ricerca, sviluppo, promozione, formazione e diffusione che possa generare e riqualificare gli agricoltori e i professionisti dell'agricoltura, affinché siano in grado di competere su scala globale con un adeguato e aggiornato livello di conoscenze tecnico-operative (Pisante, 2013).

### **1.2.1 Diffusione – Italia**

La diffusione delle pratiche conservative in Italia è stata caratterizzata inizialmente, negli anni ottanta e nei primi anni novanta, dall'esigenza di ridurre i costi di produzione, con un approccio riduzionistico sulle potenzialità di adattamento e valutazione dei benefici agronomici, ambientali ed economici che possono derivare dalla razionale gestione dei sistemi di produzione agricola.

L'assenza di politiche agricole di sviluppo, idonee alla revisione dei modelli di gestione agronomica, non hanno favorito la diffusione dell'AC, anzi, in alcuni casi si sono verificati bruschi ritorni a pratiche convenzionali, in particolare all'aratura, per l'eccessiva "semplificazione" con cui è stata sostituita una pratica consolidata con una nuova tecnica che rappresenta una delle componenti di un nuovo sistema di gestione integrata.

Gli insuccessi si sono manifestati anche per l'impreparazione tecnica degli operatori agricoli che in molti casi portava l'introduzione della semina diretta nei sistemi colturali erbacei annuali, in terreni marginali e comunque in condizioni inidonee per la presenza di diffusi fenomeni di erosione e compattamento superficiale del suolo, l'assenza di residui colturali e ininterrotte monosuccessioni.

Questi fattori, combinati poi a una Politica Agricola Comunitaria rivolta a sostenere la redditività della produzione agricola, senza valutare gli effetti indesiderati e, a volte irreversibili dell'impatto di pratiche convenzionali intensive, hanno contribuito a rallentare lo sviluppo del sistema di gestione conservativa fino alla fine degli anni novanta.

Agli inizi del ventunesimo secolo sono state avviate una serie di prove per il trasferimento tecnologico dei risultati consolidati dall'attività di ricerca scientifica, per adattare e dimostrare efficacemente, su diversi sistemi colturali (frumento, mais, soia), che se le agrotecniche sono applicate correttamente, la produttività non diminuisce ed in alcuni casi è maggiore dei sistemi convenzionali.

Nonostante il sensibile interesse che questo sistema di gestione ha suscitato nel tempo, definire chiaramente l'entità delle superfici gestite in modo duraturo attraverso tecniche di AC risulta essere complesso, in quanto, molti agricoltori praticano i sistemi dell'AC senza la piena consapevolezza dell'applicazione, non codificando esattamente le pratiche o utilizzandole in maniera saltuaria, alternandole alle tecniche convenzionali.

Tuttavia, in maniera indiretta Nomisma nel 2003 (citato da Pisante, 2007) ha stimato, tramite le vendite, che fino all'anno 2000 risultavano presenti in Italia circa 500 seminatrici da sodo, concentrate prevalentemente nel Nord Italia (64%).

Una recente indagine condotta direttamente presso le ditte produttrici e/o distributrici di seminatrici da sodo o combinate per la semina diretta con minima lavorazione, evidenzia che in sette anni il comparto delle macchine dedicate all'AC si è pressoché raddoppiato raggiungendo circa 1000 unità di cui 2/3 al Nord Italia.

Da parallele indagini dirette (citato da Pisante, 2007) effettuate presso le imprese agricole e agromeccaniche, è risultato che mediamente ogni seminatrice viene utilizzata ogni anno per circa 280 ettari, si può presumere che vengano investiti in Italia circa 280.000 ettari di colture erbacee annuali in “regime conservativo”. A queste superfici vanno ad aggiungersi i sistemi poliennali arborei che da indicazioni sperimentali e dimostrative rilevate a scala regionale risultano gestiti secondo i principi dell'AC su circa il 10% del totale per un estensione stimata pari a circa 425.000 ettari.

Pertanto in Italia, pur con le riserve prudenziali che la stima richiede, si può affermare che al 2013 l'AC occupa più di 700.000 ettari di superficie agricola coltivata (Pisante, 2013).

Questi dati indicano che le potenzialità di diffusione di queste tecniche in Italia sono associate ai seminativi, fra i quali in particolare i cereali: frumento duro, frumento tenero, orzo e mais; alle oleaginose: colza, girasole e soia; alle leguminose da granella e da foraggio; all'orticoltura da pieno campo.

È opportuno però precisare che da un punto di vista agronomico le pratiche di minima lavorazione e semina su sodo possono incontrare delle difficoltà di applicazione in ambienti caratterizzati da ristagni idrici. In questo caso, se le tecniche non vengono utilizzate con particolare attenzione e perizia, i risultati produttivi possono risultare inferiori a quelli realizzabili con l'agricoltura convenzionale. Viceversa le migliori performance si ottengono in condizioni di penuria d'acqua e in terreni ben strutturati. Pertanto vi sono due variabili da tenere in considerazione: le caratteristiche pedologiche e l'intensità delle precipitazioni della zona (Di Tulio e Pipia, 2007).

Sulla base di queste due variabili, il territorio nazionale è stato classificato in tre classi: aree a vocazionalità elevata, aree a vocazionalità media e aree a bassa vocazionalità.

Escludendo le aree oltre gli 800 metri di altezza (arco Alpino, dorsale Appenninica, rilievi montuosi nelle due isole) è risultato che vi sono quattro aree particolarmente

vocate per l'AC: la zona padana, piemontese e lombarda; il litorale tirrenico laziale e toscano; la Basilicata, la Puglia e parte del Molise e le due isole.

Emergono anche altre aree a vocazionalità elevata in Emilia Romagna e lungo la costa adriatica ma hanno però una natura più puntiforme.

Complessivamente, il 30% del territorio nazionale può essere classificato a elevata vocazionalità, il 39% presenta una vocazionalità media mentre solo l'8% presenta una bassa vocazionalità (aree a ridosso dell'arco alpino, aree interne della Toscana, delle Marche, del Lazio e della provincia di Isernia in Molise) (Di Tulio e Pipia, 2007).

Per meglio individuare le aree che materialmente potrebbero trarre un concreto beneficio (economico ed ambientale) dall'applicazione dei sistemi di gestione agronomica tipici dell'AC è importante capire dove vi sia la principale diffusione delle tre principali colture coltivate (mais, frumento tenero e frumento duro) all'interno di questa classificazione territoriale per vocazionalità all'AC.

Per quanto riguarda il mais, è particolarmente concentrato nelle regioni settentrionali ed in particolar modo nella pianura padana a nord del fiume Po (Veneto, Lombardia, Emilia Romagna e Friuli) e nel Piemonte.

Dall'incrocio con la classificazione cartografica, emerge che le aree maggiormente interessanti all'adozione di pratiche conservative sono concentrate soprattutto nella zona padana, lombarda e piemontese con l'esclusione parziale del bacino friulano. In base a queste indicazioni è ipotizzabile stimare un interesse diretto elevato per circa il 20% della superficie investita a mais, ed un interesse parziale (vocazionalità media) di circa il 45% della superficie totale maidicola.

Anche la coltivazione di grano tenero è localizzata prevalentemente nel bacino della pianura padana, ma in misura più marcata l'area a sud del Po; non mancano tuttavia zone ad elevata intensità produttiva in Piemonte ed in parte dell'Umbria. Sovrapponendo l'estensione della coltura di grano tenero con la carta di vocazionalità del territorio nazionale all'AC, l'area di maggior coerenza è localizzata nella pianura padana, con un maggior peso per le aree più occidentali del bacino produttivo ed in parte del basso Veneto, Lombardia e Piemonte. Si stima che la superficie interessata all'AC in maniera elevata sia circa il 25% della superficie nazionale, mentre più del 50% del territorio lo è in modo modesta.

Concludendo la panoramica italiana, si stima infatti che la superficie che potrebbe potenzialmente beneficiare dei vantaggi offerti dall'AC nell'immediato futuro possa esser pari a circa 4.150.000 ha (31% della SAU nazionale), interessando infatti oltre ai

cereali, anche la soia e il girasole. A questi andrebbero poi sommati i circa 1.800.000 ha attualmente investiti a vite e olivo, colture di sicuro interesse per l'AC in un futuro non molto distante (Di Tulio e Pipia, 2007).

A tal fine, molto incoraggianti, risultano le modifiche apportate ai Piani di Sviluppo Rurale della Regione Veneto e della Regione Lombardia pur con alcune differenze che rispecchiano le diversità dei rispettivi territori.

La Regione Veneto, per prima in Italia e in Europa, nel 2010 ha approvato nell'ambito del PSR 2007-2013 la "Misura Agro ambientale 214/i – gestione agro compatibile delle superfici agrarie" prevedendo un significativo sostegno economico che va a compensare le possibili perdite di produzioni dei primi anni dovute al cambio di gestione del terreno. A seguire la Regione Lombardia nel 2011 ha introdotto sul territorio regionale per le superfici coltivate a seminativo la "Misura 214 azione M – introduzione di tecniche di Agricoltura Conservativa" che prevede la possibilità di gestire parte della superficie aziendale attraverso tecniche di minima lavorazione del terreno o semina su sodo.

### **1.2.2 Diffusione – Europa**

L'AC può dare un contributo efficace e sostenibile alla risoluzione dei problemi agro-ambientali che investono estese zone agricole europee.

Per gli agricoltori europei, l'AC ha dimostrato di essere uno strumento efficace, già ampiamente utilizzato in molti ambienti locali, per soddisfare i parametri ambientali richiesti dalle istituzioni dell'Unione Europea (Pisante, 2007).

A livello Europeo, le tecniche conservative occupano più di 30 milioni di ettari e le tecniche più diffuse sono rappresentate dalla minima lavorazione con copertura vegetale (più di 27 milioni di ettari) e dalla semina diretta che supera i 3 milioni di ettari (Tab.1). Le coltivazioni arboree contribuiscono per circa 1 milione di ettari, principalmente olivicoltura e frutticoltura.

<b>Paese</b>	<b>Minima lavorazione (x 1.000 ha)</b>	<b>Semina diretta (x 1.000 ha)</b>	<b>Superficie totale (x 1.000 ha)</b>	<b>% Agricoltura conservativa / terreni coltivati</b>
Belgio	140	n.d.	140	17,2
Danimarca	230	n.d.	230	10,2
Finlandia	1.000	150	1.150	52,3
Francia	3.750	120	3.870	21,1
Germania	3.300	200	2.500	21,2
Grecia	230	200	430	10,8
Irlanda	10	n.d.	10	0,9
Italia	480	80	560	7
Ungheria	490	10	500	10,9
Portogallo	365	45	410	21,1
Russia	15.000	500	15.500	12,6
Rep. Slovacca	134	37	172	12,6
Spagna	1.250	600	1.850	18
Svizzera	80	12	92	25,4
Regno Unito	2.500	180	2.680	45,6
<b>TOTALE</b>	<b>27.959</b>	<b>2.134</b>	<b>30.094</b>	<b>15,4</b>

Tab.1 – Adozione dell’Agricoltura Conservativa in Europa (Derpsch, 2005).

### 1.2.3 Diffusione – Mondo

Considerati i benefici derivanti dall'AC, l'area gestita mediante tale sistema produttivo è cresciuta rapidamente raggiungendo a scala mondiale una superficie di circa 106 milioni di ettari (Tab. 2).

Il tasso di incremento globale dal 1990 è stimabile in circa 5,3 Mha/anno soprattutto in aree come il nord-America, sud-America e Australia (Kassam, 2009).

L'America meridionale presenta a oggi la più vasta area gestita mediante tecniche di AC con una superficie che supera i 49,5 Mha (corrispondenti a circa il 46% della superficie globale). In particolar modo, in Brasile e in Argentina le superfici gestite con criteri conservativi si sono rapidamente estese passando da circa 1 Mha dei primi anni novanta agli attuali più di 20 Mha.

Seguono gli Stati Uniti, storicamente leader mondiali nell'adozione del no-tillage con più di 40 Mha coltivati in regime conservativo. Tuttavia, vi sono ancora importanti margini di diffusione di tale tecnica dal momento che la non lavorazione nel nord-America è praticata solo su circa il 25% della superficie.

<b>Paese / area geografica</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
USA	26.000.000
Brasile	25.502.000
Argentina	22.000.000
Canada	13.500.000
Australia	10.000.000
Kazakistan	3.000.000
Cina	1.300.000
Paraguay	1.400.000
Pianura Indo – Gangetica	2.000.000
Bolivia	706.000
Altri (stima)	1.000.000
<b>TOTALE</b>	<b>106.408.000</b>

Tab. 2 – Adozione dell'Agricoltura Conservativa nel mondo (Derpsch, 2005; FAO 2013; Pisante 2013).

Il Brasile con i suoi 25,5 milioni di ettari di no-tillage (circa il 60% delle aree coltivate) è al secondo posto in termini di superficie destinata a questa tecnologia. Dal momento che i tassi di crescita nell'adozione del no-tillage sono molto più elevati in Brasile che negli Stati Uniti, si può prevedere che la leadership del Nord America non durerà ancora molto a lungo. In termini di qualità nell'applicazione di questa tecnica, il Brasile e gli stati confinanti hanno standard più elevati rispetto agli Stati Uniti e pertanto cover crops e avvicendamenti colturali sono pratiche agronomiche ampiamente utilizzate in Brasile, mentre negli Stati Uniti l'impiego in alcune zone risulta essere più limitato (Pisante, 2007).

In un periodo di 15 anni, dal 1990 al 2004, l'adozione del no-tillage in Brasile è cresciuta di 23,6 milioni di ettari e la produzione cerealicola è aumentata di 67,2 milioni di tonnellate.

Certamente anche altri fattori, come il miglioramento genetico, hanno avuto una specifica influenza su questo rapido incremento produttivo, anche se probabilmente l'impulso maggiore è stato favorito proprio dalla tecnologia no-tillage.

In Argentina, la produzione cerealicola è più che raddoppiata in un periodo di 13 anni, passando dai 28 milioni di tonnellate nel 1988 ai 74 milioni di tonnellate nel 2001 (+ 164%). Una produzione addizionale di 46 milioni di tonnellate di cereali rappresenta un reddito addizionale che ha un grande effetto non solo sul reddito degli agricoltori ma anche sui produttori e distributori di macchine, fertilizzanti, prodotti chimici e in generale su distribuzione, trasporto e consumo di beni, con un forte impatto sull'economia nazionale nella sua globalità.

In Australia la tecnica della non lavorazione del terreno è stata la tecnologia più rapidamente adottata nei cento anni della sua storia agricola. Ha migliorato il controllo delle infestanti, incrementato la tolleranza alla siccità e ha permesso alle regioni aride di utilizzare l'acqua in modo più efficiente. Con 10 milioni di ettari e una diffusione che raggiunge il 50% negli stati orientali e l'82% nell'Australia Occidentale, questo Paese occupa per dimensione la quinta posizione su scala mondiale.

Infine, in Asia centrale c'è stato un rapido sviluppo negli ultimi 5 anni, soprattutto in Kazakistan (3 Mha circa) e nelle vicine aree russe. Anche in Cina si è assistito a uno sviluppo dinamico dell'AC negli ultimi 10 anni, con una superficie di oltre 1,3 Mha ad essa destinati. In India, Pakistan, Nepal e Bangladesh (Pianura Indo – Gangetica) il sistema conservativo basato sulla rotazione frumento-riso è diffuso su una superficie di più di 2 Mha.



### 1.3 Aspetti agronomico - ambientali

Il notevole progresso compiuto in agricoltura pone inevitabilmente l'attenzione sull'incremento di valore della produzione e sulla compatibilità ecologica dei sistemi produttivi. Nel tempo, una crescente e spesso irrazionale pressione di utilizzo del suolo ha provocato diffusi ed estesi fenomeni di degradazione che richiedono sempre di più la necessità di un aumento della sostenibilità delle produzioni per riequilibrare il rapporto tra agrotecniche e ambiente.

Rilevazioni condotte a livello europeo da Zdruli (Zdruli et al., 2004) hanno evidenziato che circa il 45% dei suoli presenta un basso contenuto di carbonio organico, variabile tra lo 0 e il 2%, mentre il 45% presenta un contenuto di carbonio organico medio variabile tra il 2 e il 6%. A ulteriore conferma, nella zona meridionale dell'Europa il 74% della superficie presenta un tenore di carbonio organico inferiore al 2% nello strato 0-30 cm.

Il declino del tenore di carbonio organico, la comparsa di fenomeni erosivi, il compattamento del terreno sono aspetti che fino a qualche anno fa sono stati considerati in modo sommario e senza adeguate azioni di controllo.

Le numerose esperienze effettuate a livello globale hanno dimostrato in modo più o meno ampio come i sistemi di gestione riconducibili all'AC possano fornire importanti contributi dal punto di vista agronomico - ambientale.

Il potenziale produttivo del suolo derivante dall'adozione delle tecniche di AC si basa principalmente sull'interazione tra i tre principali fattori della fertilità:

- I. *Fisici*: migliora la porosità in termini quantitativi e qualitativi, garantendo adeguati approfondimenti radicali, movimento dell'acqua e respirazione radicale.
- II. *Chimici*: aumenta la capacità di scambio cationico che si traduce in un maggior controllo nel rilascio degli elementi nutritivi.
- III. *Biologici*: gli avvicendamenti colturali favoriscono la biodiversità dell'agroecosistema in quanto a ciascuna coltura sono associate popolazioni microbiche differenti.

A differenza dell'agricoltura convenzionale, l'AC contribuisce a ridurre le perdite di sostanza organica, incrementa la macroporosità e, conseguentemente, favorisce una maggiore disponibilità di acqua prontamente utilizzabile per la coltura in periodi siccitosi (Derpsch et al., 1991).

Da un punto di vista fisico, le lavorazioni meccaniche tendono a distruggere la struttura glomerulare mentre le tecniche conservative tendono a preservarla.

L'applicazione continuata di tecniche di lavorazione basate sull'aratura riducono la quantità di macropori aumentando proporzionalmente il peso specifico apparente (Pisante, 2013) richiedendo così periodiche arature per ripristinare una buona condizione di sviluppo radicale per le colture successive.

In un terreno sodivo, invece, la struttura non viene compromessa dalle lavorazioni e si assiste nel tempo ad un aumento della porosità e della stabilità dei glomeruli stessi.

In particolare, l'interruzione dell'aratura riduce la mineralizzazione della sostanza organica e lascia in sito gli apparati radicali delle colture avviandoli a una degradazione in condizioni di bassa ossigenazione. Conseguenza che la sostanza organica residua dalle colture viene gestita dal terreno con minore dispendio e con una predisposizione all'intensificazione dell'umificazione e quindi al recupero del tenore di humus del terreno.

Una gestione conservativa porta quindi a un'elevata stabilizzazione dello stato strutturale e alla generazione di una porosità di tipo canalicolare, derivante dalla stabilizzazione degli spazi vuoti lasciati dalle radici e dei biocanali formati dall'attività della microfauna edafica.

Un miglioramento della struttura del terreno può essere attribuito anche alla maggiore presenza di lombrichi che tradizionalmente costituiscono un importante indicatore dell'utilizzo del suolo e del suo livello di fertilità.

L'attività di rimescolamento che svolgono nello strato sottosuperficiale, in particolare nello strato 0-12 cm, contribuisce ad aumentare la stabilità degli aggregati nei suoli. Vi è quindi una correlazione positiva tra il numero di lombrichi e la stabilità degli aggregati strutturali (Paoletti, 1991).

Le popolazioni di lombrichi nelle superfici gestite con tecniche di AC mostrano un tendenziale aumento con la continua adozione della tecnica, oltre che un maggior numero di specie.

La lavorazione del terreno, soprattutto durante le operazioni di preparazione del letto di semina, può creare infatti un notevole disturbo soprattutto per le specie *L. terrestris*, *A. longa* e *Octodrilus* spp (Paoletti et al,1996). Da esperienze italiane e tedesche (citate da Ehlers and Claupein, 1994) è emerso che i lombrichi sono circa 8 volte superiori dopo un periodo di adozione della non lavorazione, così come la loro massa sia di 38 e 176 g/m<sup>2</sup> rispettivamente tra un terreno lavorato convenzionalmente e uno gestito con tecniche conservative.

In seguito a un periodo di applicazione della semina su sodo, i lombrichi anecici sono quelli che contribuiscono maggiormente al miglioramento della struttura del suolo, in modo particolare dell'infiltrazione e della conduttività idraulica (Soane et al., 2012).

A livello di struttura del terreno, un ruolo importante è ricoperto anche dalla flora microbica, in quanto, gli essudati originati dalla loro attività rappresentano una sorta di legante per gli aggregati del suolo promuovendo la formazione di unità strutturali stabili (Capowiez et al. 2012). La biomassa microbica e l'attività enzimatica della  $\beta$ -glucosidasi e ureasi sono risultate superiori in terreni a tessitura limoso-argillosa non lavorati rispetto a analoghi terreni dove era stata effettuata l'aratura (Soane et al., 2012). I pregi di questo tipo di porosità risiedono sia nella sua durata temporale che nella continuità e interconnessione portando ad una capillare rete di infiltrazione di drenaggio e aerazione.

Il miglioramento della porosità del suolo esplica i suoi benefici anche attraverso una maggiore quota di infiltrazione idrica e un conseguente aumento della percentuale di acqua disponibile nel suolo con una tensione superficiale ottimale per essere prontamente disponibile per le piante (Tab. 3).

Studi condotti negli Stati Uniti da Fawcett (Fawcett, 1995) e Clausen (Clausen et al 1996) hanno permesso di evidenziare come i sistemi conservativi siano in grado di ridurre il deflusso superficiale delle acque meteoriche tra il 15 e l'89% e di elementi minerali quali azoto e fosforo con una riduzione riscontrata anche del 50% nelle acque di drenaggio e di deflusso superficiale (Pisante, 2013).

Oltre a migliorare l'infiltrazione dell'acqua meteorica, per il minore disturbo al profilo del suolo e per la presenza di residui colturali in superficie, in grado di rallentare la velocità di scorrimento superficiale negli ambienti collinari, una gestione conservativa incide anche sulla quantità di materiale trasportato in sospensione in virtù della maggiore resistenza del suolo a fenomeni erosivi.

Il verificarsi di fenomeni erosivi, infatti, è da attribuirsi prevalentemente alla scarsa capacità d'infiltrazione dell'acqua nello strato superficiale del suolo per l'adozione di inappropriate pratiche agronomiche e/o la presenza di fenomeni di compattamento. L'AC rappresenta quindi un'importante soluzione per ridurre i possibili effetti negativi dell'erosione dal momento in cui circa il 57% del territorio nazionale è a rischio di erosione tra 0 e 3 t/ha/anno, il 12% è interessato da fenomeni erosivi di entità compresa tra 3 e 10 t/ha/anno e il restante 30% circa presenta un rischio di erosione superiore ai 10 t/ha/anno (Van den Putte et al., 2010).

<b>Parametri</b>	<b>Agricoltura Convenzionale</b>	<b>Agricoltura Conservativa</b>	<b>Trend (%)</b>
Ruscellamento (l/ha)	213,3	110,3	- 48
Perdite di sedimenti (kg/ha)	2045	649	- 68
Perdite di P totale (kg P/ha)	2,2	0,4	- 81
Perdite di P disponibile	$3 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^{-3}$	- 73
Azoto Organico (mg N / s)	1,28	0,08	- 94
Fosfati Solubili ( $\mu\text{g P / s}$ )	0,72	0,16	- 78

Tab. 3 – Effetto delle lavorazioni sulla qualità delle acque e sull'inquinamento diffuso (Jordan et al. 2000 - modificato).

Le migliori condizioni idriche a livello dell'apparato radicale nei sistemi conservativi, rispetto ai sistemi convenzionali, permettono alle colture un più prolungato periodo utile di assorbimento dei nutrienti, migliorando l'efficienza d'uso degli elementi.

Una buona copertura da residui colturali esplica poi un effetto tampone rispetto alle variazioni di temperatura del suolo che altrimenti potrebbero danneggiare i tessuti vegetali dell'interfaccia suolo-atmosfera contraendo la produttività potenziale (Kassam et al., 2009). Inoltre, un aumento della quantità di materiale organico al suolo implica un incremento della disponibilità degli elementi nutritivi derivanti dalla sua naturale decomposizione.

La combinazione di una maggiore porosità con la capacità di trattenere una quota più elevata di umidità nel suolo, a cui si aggiunge la minore evaporazione dell'acqua dal suolo rallentata dalla permanente copertura della superficie, permette di superare più facilmente eventi siccitosi che possono presentarsi in considerazione del clima Mediterraneo, rispetto a quanto non accada con un suolo lavorato.

### 1.3.1 Rotazione e avvicendamento

La rotazione e l'avvicendamento colturale rappresentano il punto di partenza nella programmazione di questo nuovo sistema di gestione agronomico.

I criteri generali cui attenersi per la rotazione e l'avvicendamento sono quelli classici della tecnica agronomica, che, per rimediare alla progressiva riduzione delle rese riscontrata a seguito della ripetizione continua o troppo frequente di una stessa coltura sullo stesso terreno (stanchezza del terreno), ha studiato una varietà di sequenze colturali di specie diverse che si sono dimostrate particolarmente adatte al mantenimento della fertilità agronomica (Tabaglio, 2013).

Nell'agricoltura convenzionale la rotazione colturale ha perso di importanza, semplificandosi progressivamente fino a scomparire (es. monosuccessione di mais, frumento, riso). Nell'AC, invece, tornano ad essere riconsiderati i suoi importanti vantaggi agronomici, che riescono ad essere valorizzati, anche economicamente, in questa gestione sostenibile del suolo (Pisante, 2013).

Le importanti funzioni riguardano principalmente:

*Aumento della biodiversità:* la presenza aziendale di più colture e l'alternanza sullo stesso terreno permettono di aumentare la biodiversità e ridurre la pressione degli agenti biologici avversi (es. malerbe, attacchi patogeni) poiché riducono l'accumulo di inoculi e la possibilità di avversità maggiormente invasive o addirittura resistenti. L'avvicendamento rappresenta quindi un metodo preliminare per condurre una sorta di risanamento ambientale contribuendo a rendere più facile il controllo di infestanti e patogeni per via chimica.

*Aumento della fertilità del terreno:* l'avvicendamento permette di assicurare la presenza di una vegetazione per il più lungo periodo possibile allo scopo di sfruttare maggiormente la capacità fotosintetica e quindi la conseguente produzione di materiale organico che verrà in parte destinato al ricircolo nel terreno (sovescio) o tramite residuo colturale (organic-mulching). Una costante copertura del terreno agevola il controllo dei fenomeni erosivi, la lisciviazione degli elementi nutritivi (in particolare i nitrati) e riduce la quota di evaporazione. La rapida successione colturale allo scopo di evitare periodi di terreno scoperto viene notevolmente facilitata nella semina su sodo grazie alla possibilità di svincolarsi dalle lavorazioni del terreno e quindi dalla tempistica legata alla

loro corretta esecuzione in condizioni di tempera. Tale aspetto risulta essere maggiormente significativo nei terreni argillosi permettendo così una gestione più agevole e mirata con la non lavorazione.

*Attività radicale a diversa profondità:* l'avvicendamento di colture con caratteristiche botaniche e agronomiche diverse vede anche la rotazione di apparati radicali superficiali con quelli fittonanti portando a una diversa esplorazione degli strati del terreno e a un efficiente ricircolo dei nutrienti. In AC, si può sfruttare questa potenzialità per contrastare il compattamento del terreno lungo il profilo grazie all'azione dirompente delle radici di alcune specie (es. rafano) per creare importanti porosità canalicolari.

Un'ulteriore potenzialità deriva dalla valorizzazione di colture leguminose per sfruttare la capacità azotofissatrice e specie cerealicole capaci di aumentare l'efficienza di utilizzo dei nutrienti.

*Residuo colturale:* la gestione dei residui colturali rappresenta uno dei principali pilastri su cui si basa l'applicazione delle tecniche di AC sia per la loro funzione protettiva sia per quella d'innescio dei fenomeni biologici che fanno del suolo un substrato vitale. Un'articolata varietà di colture permette di ridurre possibili rischi di moltiplicazione dell'inoculo parassitario e soprattutto depositare una diversa quantità e qualità di materiale organico, impedendo di fatto la formazione di un effetto materasso che potrebbe rallentare la degradazione.

### **1.3.2 Colture di copertura (cover-crops)**

Le colture di copertura o cover crops esplicano un'azione positiva nei confronti del terreno contrastando i fenomeni erosivi che possono innescarsi su di un solo nudo sotto l'azione delle precipitazioni atmosferiche e del vento (Tabaglio, 2013).

Tra le colture di copertura vi possono essere molte specie che differiscono per famiglia botanica, periodo di crescita, modalità di coltivazione e per impiego come coltura pura o miscuglio, tuttavia, il loro denominatore comune è rappresentato dal fatto che dalla loro coltivazione non si ricava direttamente una produzione lorda vendibile quanto piuttosto un beneficio indiretto per la sostenibilità e la fertilità del sistema agrario.

La protezione dei fenomeni erosivi rappresenta la funzione primaria di queste colture. Tuttavia per adempiere a tale funzione è necessario che la coltura sia in grado di opporsi efficacemente agli agenti erosivi (acqua, vento) o che produca un quantitativo di biomassa tale da coprire il terreno fino alla coltivazione della coltura successiva (Tab.4). A tal proposito, le migliori specie da utilizzare per questa funzione sono le graminacee come la Loiessa o Loglio italico (*Lolium multiflorum*), la Segale (*Secale cereale*) e l’Avena (*Avena sativa*) poiché presentano un apparato radicale fascicolato che protegge gli aggregati del terreno e riduce al contempo l’azione battente della pioggia e il run-off superficiale (Tabaglio, 2013).

Qualora invece si voglia mirare anche all’arricchimento di nutrienti, occorre considerare specie leguminose come il Trifoglio incarnato (*Trifolium incarnatum* L) o la Veccia vellutata (*Vicia villosa* Roth) in quanto, grazie alla simbiosi rizobica, sono in grado di fissare azoto atmosferico e cederlo alla coltura da reddito che segue nell’avvicendamento (il contributo in azoto può arrivare anche a 50-100 kg/ha).

Tuttavia vi possono essere situazioni opposte caratterizzate da un elevato contenuto di azoto nel terreno (causa utilizzo di liquami o biodigestati) e nelle quali diviene importante riuscire a immobilizzarlo nella biomassa di una coltura riducendo così i rischi di lisciviazione in falda. Per realizzare quest’azione di cattura dello ione nitrato si utilizzano colture *catch-crop* come la Facelia (*Phacelia tanacetifolia*) contraddistinta da una rapida crescita autunnale o specie graminacee (loiessa, orzo, segale).

Colture di copertura dall’apparato radicale fittonante consentono di riciclare gli elementi nutritivi assorbendoli dagli strati inferiori e immagazzinandoli nella biomassa epigea che verrà poi lasciata in superficie (semina su sodo) o leggermente interrata (minima lavorazione senza inversione degli strati).

Proprio nei regimi sodivi, in assenza di periodiche lavorazioni del terreno, un certo naturale assestamento del suolo o gli errori gestionali a volte inevitabili per l’inclemenza del tempo, per la quale l’agricoltore è costretto ad entrare sul terreno non in tempera, ne provocano il compattamento e, più in generale, la degradazione della struttura (Tabaglio, 2013).

Colture di copertura con apparato radicale fittonante, avendo un elevato potere di penetrazione, possono rappresentare uno strumento importante di ausilio per la risoluzione del problema. Specie particolarmente adatte a questo scopo sono le Brassicacee (rafano, senape, ravizzone, ecc) seguite da leguminose (es. erba medica).

La conduzione sodiva permette poi di accentuare il vantaggio dal momento che l'apparato radicale mantenuto in sito, produrrà, col procedere della sua demolizione, canalicoli di dimensioni importanti che miglioreranno l'aerazione, la permeabilità e l'infiltrazione.

Infine, l'utilizzo di colture di copertura, oltre a produrre biomassa che entrerà attivamente nel ciclo della sostanza organica permette di agevolare il controllo delle infestanti e dei parassiti. Il contributo che le cover-crops possono fornire nella lotta contro le malerbe risiede nella loro veloce crescita e nell'elevata aggressività, grazie alle quali possono sopraffare le infestanti sottraendo loro i principali fattori di sviluppo (luce, acqua, nutrienti).

Le specie più adatte, quindi, sono quelle a rapida crescita e con alta densità, quali per esempio, la Segale, la Loiessa, la Veccia Vellutata, il Trifoglio incarnato e varie brassicacee come la Senape, il Colza e il Ravizzone (Tabaglio, 2013).

Inoltre, nei sistemi colturali sodivi si può beneficiare di un'azione aggiuntiva, che si sviluppa quando l'intercalare viene devitalizzata meccanicamente mediante sfalcio o trinciatura o chimicamente (Glyphosate) e lasciata in superficie a formare uno strato pacciamante inibitore per lo sviluppo di malerbe (Tab. 5).

L'effetto aumenta ulteriormente qualora la coltura di copertura possieda effetti allelopatici (cover-crop allelopatiche) ovvero sostanze anti-germinello attive soprattutto verso le infestanti a seme piccolo. Particolarmente interessante sembrano essere le proprietà della segale, tuttavia, l'efficacia allelopatica può avere una durata variabile tra i 20 e i 30 giorni.

Il controllo nei confronti dei parassiti si può esplicitare in modo diretto o indiretto. Colture appartenenti alla famiglia delle Brassicacee (rafano, senape, colza) producono e rilasciano molecole a effetto nematocida come i glucosinolati. L'azione derivante dalle colture di copertura può tuttavia essere indiretta in quanto l'adozione di una intercalare tra colture principali permette di interrompere il ciclo dei parassiti da un lato e dando ricetto agli organismi utili dall'altro.



Specie	Tecnica di semina			
	Epoca	Dose (kg/ha)	Profondità (cm)	T° min. di germinazione
<b>Segale</b> (Secale Cereale)	fine Agosto – primi di Settembre	70-140 (file) 100-180 (spaglio)	3-5	1 °C
<b>Veccia Vellutata</b> (Vicia villosa)	metà Agosto – metà Settembre	20-25 (file) 30-35 (spaglio)	1 – 1,5	3-5 °C
<b>Loiessa</b> (Lolium multiflorum)	metà Agosto – metà Settembre	10-20 (file) 20-30 (spaglio)	0,5 - 1	3-4 °C
<b>Avena</b> (Avena sativa)	metà Agosto – metà Settembre	70-110 (file) 110-150 (spaglio)	2 - 3	3-4 °C
<b>Rafano - Brassiche</b> (Raphanus sativus)	metà Agosto – fine Settembre	5-15 (file) 10-22 (spaglio)	0,5 - 2	4-7 °C
<b>Facelia</b> (Phacelia tanacetifolia)	metà Agosto – primi di Settembre	8-10 (file)	1 – 1,5	3-5 °C
<b>Grano saraceno</b> (Fagopyrum esculentum)	metà Agosto – fine Settembre	5-15 (file) 10-22 (spaglio)	0,5 - 2	4-7 °C

Tab. 4 – Tecniche di semina relative alle colture di copertura (Tabaglio, 2013).

Specie	Tecniche di devitalizzazione		
	Chimica	Fisica (rullo/ sfalcio/discatura)	Quando
<b>Segale</b> (Secale Cereale)	Possibile	A fioritura/maturazione cerosa precoce	≥ 10gg prima semina nuova coltura
<b>Veccia Vellutata</b> (Vicia villosa)	Possibile	Preferibile per massimizzare l'effetto mulch (al 75-100% della fioritura)	≥ 10gg prima semina nuova coltura
<b>Loiessa</b> (Lolium multiflorum)	Possibile	Difficile a causa dell'alta capacità di ricaccio.	≥ 10gg prima semina nuova coltura
<b>Avena</b> (Avena sativa)	Possibile	Sfalcio in fioritura / rullo a inizio spigatura	Spesso la terminazione è operata dal gelo
<b>Rafano - Brassiche</b> (Raphanus sativus)	Possibile	Sfalcio in fioritura / rullo a inizio spigatura	Spesso la terminazione è operata dal gelo
<b>Facelia</b> (Phacelia tanacetifolia)	Possibile	Sfalcio/rullo in fioritura	Spesso la terminazione è operata dal gelo
<b>Grano saraceno</b> (Fagopyrum esculentum)	Possibile	Sfalcio/rullo a inizio spigatura	Spesso la terminazione è operata dal gelo

Tab. 5 – Tecniche di semina relative alle colture di copertura (Tabaglio, 2013).

Mantenere coperto il terreno, quanto più possibile nel corso dell'anno, si scontra ovviamente con le difficoltà organizzative, in quanto impone di affrontare una coltivazione intercalare “non prevista” ed economiche, legate al fatto di dover investire una certa spesa colturale senza ricavarne alcuna utilità economica immediata.

I due criteri di scelta più importanti, quindi, saranno legati alla scelta dell'ideale accostamento fra colture principali e intercalari e alla minimizzazione delle spese di gestione della cover-crops (Tabaglio, 2013).

Per quanto riguarda il primo aspetto, la maggior parte delle occasioni di inserimento di colture intercalari nei nostri ordinamenti colturali si verifica nella stagione autunno-primaverile e quindi la scelta della cover-crop si realizzerà all'interno di specie adatte ad affrontare questa condizione temporale. In effetti, mentre la gamma di specie autunno-primaverili è sufficientemente espansa, quella delle specie estive o estive autunnali è più ristretta soprattutto se la disponibilità idrica aziendale viene a ridursi.

Nei confronti, invece, dei costi aggiuntivi determinati da queste doppie colture, la semina su sodo contribuisce primariamente ad alleviarli ed inoltre è possibile ridurre il costo della semente facendo ricorso, fin dove possibile, a semente di reimpiego aziendale (Orzo, Triticale, Colza, ecc.) soprattutto quando si propende per un miscuglio di essenze piuttosto che per una coltura pura (Tabaglio, 2013).

## 1.4 Aspetti economici

All'AC sono associate importanti esternalità ambientali quali la minore emissione di CO<sub>2</sub>, l'incremento della sostanza organica, la riduzione dei fenomeni erosivi, l'intensificazione della biodiversità del suolo, il minore compattamento del suolo, ma anche rilevanti aspetti di interesse agronomico ed economico – gestionale sulle attività dell'azienda agricola.

Mentre la presenza di esternalità ambientali positive e negative trova maggiore coerenza con l'interesse pubblico, le tematiche agronomiche e economiche – gestionali hanno un peso determinante nella formulazione del giudizio di convenienza che è alla base della scelta di adozione o meno dell'AC nell'impresa agricola (Pisante, 2007).

Gli aspetti economici sono fondamentalmente individuati dalle produzioni e dai relativi costi che hanno immediati riflessi economico-contabili. A questi si aggiungono una serie di elementi con ripercussioni agronomico – gestionali (es. periodo utile per la semina, condizioni di emergenza, effetti sul calendario di lavoro, ecc.) che influenzano direttamente la redditività della coltivazione, incidendo sui ricavi e sui costi di produzione che ne sono alla base.

La stima dei costi di produzione rappresenta la parte più complessa della valutazione economica data la pluralità di voci che vengono interessate da variazioni in aumento o in decremento. Si è però evidenziato che le principali operazioni interessate da modificazioni nel passaggio dall'agricoltura tradizionale a quella conservativa sono quelle concernenti le lavorazioni del terreno ed il diserbo, quindi la valutazione economica della convenienza tra le due tecniche può concentrarsi principalmente su queste voci di costo, dato che nessuna o scarse differenze possono essere imputate alle altre operazioni, che, risultando comuni, comportano uguali impieghi di fattori di produzione, di lavoro, di macchine e di servizi esterni.

Unica eccezione è rappresentata dai quantitativi di semente utilizzati nelle tecniche conservative, rispetto a quelle tradizionali, che in alcune situazioni si ritiene buona norma aumentare del 5 – 15 %.

Il più importante elemento di differenza fra l'AC e la tecnica convenzionale è rappresentato dalla riduzione degli interventi di lavorazione del suolo, fino alla loro completa assenza. In luogo della tradizionale aratura, infatti, le operazioni in campo possono limitarsi a un ridotto numero di lavorazioni ad una profondità limitata nel caso

della minima lavorazione, fino alla mancanza di operazioni di preparazione del suolo nel caso della semina diretta.

Le macchine operatrici utilizzate richiedono, inoltre, trattori di potenza ridotta rispetto a quelli impiegati tradizionalmente per l'aratura. Il minore impiego delle macchine o il ricorso a trattori di minore potenza si traduce pertanto in un risparmio, che riguarda, da un lato, una contrazione dell'usura delle macchine stesse, e, dall'altro, un loro minore effettivo utilizzo. A ciò è pertanto associato una proporzionale contrazione del consumo di carburante e dei tempi di lavoro, che rappresentano ulteriori importanti voci di riduzione dei costi.

Per contro, si richiede un investimento iniziale nell'adeguamento o rinnovamento del parco macchine aziendale; in particolare, se nel passaggio alla minima lavorazione i macchinari già presenti in azienda possono essere adattati (es. erpice a dischi, coltivatore ad ancore, ecc) per la semina su sodo, viceversa, deve essere senz'altro previsto l'acquisto della seminatrice, a meno che non si ricorra ai servizi esterni di un'impresa agromeccanica.

Il secondo elemento che cambia la struttura dei costi rispetto alla tecnica convenzionale è rappresentato dall'operazione supplementare di diserbo richiesta in fase di pre-semina, sia nel caso della minima lavorazione che della semina su sodo. In questo caso occorre considerare sia i maggiori costi del principio attivo impiegato, che le spese relative alla distribuzione del prodotto in campo (macchina, lavoro, carburante) (Pisante, 2007).

La necessità di disporre di un adeguato parco macchine è sicuramente un punto cardine, in quanto le lavorazioni su terreni che presentano residui colturali, richiedono, particolari soluzioni tecniche ed idonee attrezzature. Tale elemento è in grado di influenzare in maniera importante le scelte dell'imprenditore agricolo e rappresenta di fatto uno dei principali ostacoli alla diffusione di queste tecniche.

Tuttavia la non rispondenza del parco macchine aziendale esistente alle esigenze dell'AC può essere risolto ricorrendo ai servizi di un contoterzista.

Questa possibilità, rappresenta la via più rapida per adottare tecniche conservative in azienda e offre la possibilità di svincolare l'imprenditore agricolo dalla necessità di affrontare una scelta economica importante e soprattutto definitiva come quella dell'ammodernamento o addirittura del rinnovo delle attrezzature aziendali. In una fase di primo approccio o di "conoscenza" di queste tecniche pertanto può rappresentare un'opzione valida, che trova, inoltre importanti ragioni di coerenza economica laddove già si faccia ricorso a servizi esterni per la lavorazioni del terreno o la semina.

Per le ditte fornitrici di servizi esterni le possibilità di adeguamento sono, inoltre, più rapide rispetto a quelle delle singole aziende agricole, potendo generalmente contare su superfici di lavoro più elevate, che permettono di conseguire rapidamente le economie di scala necessarie al supporto degli investimenti in nuove attrezzature.

Per l'azienda agricola, potersi riferire alle tariffe di contoterzismo vigenti permette di riconoscere margini di convenienza positivi, che possono variare in relazione al fabbisogno di interventi aggiuntivi di controllo delle infestanti mediante diserbo chimico (Pisante, 2007).

Qualora le lavorazioni siano effettuate con mezzi aziendali, le valutazioni divengono più complesse perché il semplice adeguamento di macchinari già presenti in azienda può rappresentare un percorso possibile solo nel caso di tecniche come la minima lavorazione, mentre nel caso della semina su sodo, l'acquisto di macchine specializzata risulta inevitabile. Situazione che in caso di aziende a conduzione familiare, che operano in regime policulturale e con superficie medio – piccola risulta assai gravosa.

Appare evidente come sul piano economico, in relazione al contesto aziendale e d'impresa in cui l'agricoltura viene praticata, le stesse scelte “tecniche” possono avere ricadute “economiche” sostanzialmente diverse per soggetti imprenditoriali diversi.

In aziende che si avvalgono di servizi esterni, l'insieme delle lavorazioni del suolo comporta una spesa (tariffa di contoterzismo) che, nel momento in cui non viene sostenuta, rappresenta un beneficio netto per l'impresa. Questo beneficio dovrà esser poi ridotto per i maggiori oneri da imputarsi agli interventi di diserbo aggiuntivi, il cui costo comprensivo di prodotti e distribuzione a tariffe di contoterzismo è considerevolmente inferiore, con un saldo nettamente positivo.

Nel caso di aziende che invece utilizzano attrezzature proprie, l'eliminazione delle lavorazioni riduce l'usura delle macchine stesse, ma, nell'eventualità in cui tali macchine non vengano alienate, permangono le componenti fisse del costo rappresentate dalle quote di ammortamento, di manutenzione e di assicurazione che sono indipendenti dall'uso (solo le quote di manutenzione risentono parzialmente dell'effettivo impiego) e pertanto la loro incidenza risulta invariata.

Altro elemento che deve essere valutato è l'apporto della risorsa lavoro. Generalmente il tempo richiesto per svolgere le operazioni di lavorazione del suolo (aratura, frangizollatura, erpicatura, rullatura) varia tra 6 e 10 ore per ettaro, in relazione principalmente alle macchine utilizzate, alla giacitura, alla loro tessitura e conformazione.

Tale impiego costituisce un costo esplicito solo per le imprese capitalistiche, dove la remunerazione viene stabilita su base sindacale con tariffe da operai specializzati.

In questo caso con l'adozione dell'AC si registra un netto contenimento dei costi del lavoro.

Nelle imprese a conduzione diretta il lavoro non rappresenta un costo, ma una remunerazione. Esso, infatti, essendo fornito dall'imprenditore stesso, rientra nel reddito misto di capitale, lavoro ed impresa che costituisce l'entrata complessiva dell'imprenditore. Nel caso in cui il tempo non possa essere impiegato in altre attività, il risparmio di lavoro non si traduce quindi, nella percezione dell'imprenditore, in un reale beneficio economico. Questa situazione può risultare frequente in imprese di ridotte dimensioni aziendali, in cui il lavoro è una risorsa non utilizzata appieno.

Sia nell'impresa capitalistica che in quella a conduzione diretta, un ulteriore elemento di risparmio è rappresentato dal consumo di gasolio associato alla realizzazione delle lavorazioni aziendali (circa 50-80 kg) che non vengono più realizzate (Pisante, 2007).

## 1.5 Aspetti tecnico-agronomici

A livello mondiale c'è un interesse crescente verso la produttività del suolo e le implicazioni ambientali delle pratiche agronomiche, soprattutto per quel che concerne le lavorazioni come aratura, estirpatura ed erpicatura, le concimazioni e più in generale sull'impiego dei fattori produttivi (Pisante, 2013).

Questa situazione ha stimolato paesi e agricoltori a individuare metodi alternativi di produzione che siano in grado di mantenere inalterata la struttura e la produttività del suolo in sintonia con l'ambiente rurale, ridurre l'entità dei fattori della produzione, rendere sempre più sostenibile, anche dal punto di vista economico, l'attività agricola.

Nel caso delle tecnologie per la conservazione del suolo, vi è la consapevolezza da parte degli operatori agricoli sui problemi che riguardano il suolo. Tuttavia, la consapevolezza degli agricoltori o la percezione dei problemi del suolo è frequentemente sostenuta dalla positiva correlazione con l'adozione delle pratiche agronomiche conservative come la non lavorazione.

Ciò malgrado, questo concetto non è universalmente interpretabile come conoscenza dei problemi riguardanti i suoli agricoli. Il livello di formazione degli agricoltori è uno dei fattori limitanti per la responsabilità con cui gestiscono il processo di produzione agricola con l'obiettivo della profittabilità colturale e della protezione ambientale.

In particolare, gli aspetti più determinanti sul processo decisionale dell'agricoltore, se adottare o meno le pratiche agronomiche conservative e/o la gestione dei residui colturali, dipende dalla conoscenza di risultati già analizzati, aggregati e riportati in studi empirici. C'è una lunga e radicata tradizione di ricerca empirica che cerca di spiegare agli operatori l'adozione di particolari innovazioni.

Senza una conoscenza delle pratiche associate con l'AC attraverso un canale di comunicazione o altre fonti di informazione, l'adozione è altamente improbabile specialmente all'aumentare del grado di complessità della tecnologia conservativa.

Le fonti di informazione che influenzano in modo positivo l'adozione includono altri agricoltori, le riunioni, le prove dimostrative, i canali di comunicazione (riviste specializzate, programmi radio e televisivi) e in alcuni Paesi avanzati, come Canada e Stati Uniti, dai tecnici divulgatori.

Tuttavia, il "semplice contatto" non promuove l'adozione se la disseminazione dell'informazione è inefficiente, inaccurata ed inappropriata. Questo aspetto evidenzia

le necessità di competenze professionali altamente qualificate e dedicata in modo specifico ed integrato agli obiettivi che l'agricoltore si pone di raggiungere.

La constatata difficoltà di modificare i sistemi di produzione, in un'ottica di sostenibilità, evidenzia che il progresso sin qui raggiunto dall'AC si è concentrato prioritariamente nella revisione delle tecniche e nell'integrazione dei principi agronomici con l'ausilio delle moderne tecnologie meccaniche e nella più recente attualità proiettata nel futuro con quelle avanzate.

Il passaggio dai sistemi di gestione convenzionale a quelli conservativi deve prevedere alcune regole da osservare con rigore, in caso contrario si possono registrare insuccessi tali da compromettere ed impedire l'innovazione.

Pertanto, il progresso scientifico e la ricerca approfondiranno le conoscenze per affinare le tecniche e perfezionare i sistemi di produzione in una continua ed inesorabile sfida rivolta ad incrementare le rese unitarie e rinnovare le risorse naturali, attraverso una gestione virtuosa dei fattori produttivi senza tralasciare le innovazioni che potranno contribuire a rendere sempre più sostenibile il processo produttivo (Pisante, 2013).

### **1.5.1 Suolo**

Le sperimentazioni agronomiche relative alla non lavorazione del terreno disponibili a livello nazionale non permettono di estrapolare una risposta univoca ma, in termini generali, si può indicare che non tutti i terreni possono accogliere la non lavorazione e che, in ogni caso, il successo di questa tecnica va perseguito con una competenza agronomica superiore a quelle dell'agricoltura convenzionale (Tab. 6) (Tabaglio, 2013).

I criteri di massima per stabilire la probabilità di successo nell'adozione della non lavorazione del terreno sono noti, così come la diversa velocità di risposta temporale dei vari tipi di terreno nel raggiungere uno stato di equilibrio produttivo rispetto all'agricoltura tradizionale.

Maggiori possibilità di successo derivano dall'adozione su terreni pianeggianti e con alta uniformità, con ottima stabilità strutturale da cui ne deriva una buona porosità, capacità di infiltrazione idrica, drenaggio, resistenza al compattamento e attività biologica. A parte quelle strutturali e genetiche, queste proprietà favorevoli sono in ultima analisi riconducibili alla presenza di un elevato tenore di sostanza organica, in equilibrio con i materiali colloidali minerali, ovvero con la quantità di argilla presente.



Diviene pertanto necessario assicurare in primo luogo un efficiente stato idraulico dei terreni, in quanto, una delle lacune più rovinose è la presenza di ristagni superficiali/sottosuperficiali. Occorre dunque dare la dovuta importanza anche alle opere idraulico-agrarie quali la pulizia dei fossi, il riassetto delle scoline, fino al livellamento vero e proprio.

<b>Probabilità di successo applicativo dell'Agricoltura Conservativa</b>	
Alta	Buona uniformità del terreno Buona capacità auto strutturante del terreno Resistenza al compattamento Ottimale porosità Elevata capacità di infiltrazione idrica e drenaggio Giacitura pianeggiante Attività biologica intensa
Moderata	Moderata variabilità del terreno Discreta capacità auto strutturante del terreno Periodici interventi di decompattazione per contrastare il compattamento. Presenza di scheletro limitata Presenza di ristagni idrici nei periodi piovosi Giacitura con pendenza moderata o topografia irregolare Attività biologica moderata
Bassa	Elevata variabilità del terreno Instabilità strutturale e bassa proprietà auto strutturante Tendenza al compattamento superficiale Bassa porosità Bassa infiltrazione e lento drenaggio. Presenza di scheletro elevata Giacitura con pendenza elevata Minima attività biologica

Tab. 6 – Probabilità di successo applicativo dell'Agricoltura Conservativa (Tabaglio, 2013)

Per quanto riguarda la tessitura, i terreni che presentano forti difficoltà operative sono quelli limosi, con una percentuale di limo (USDA 2-50 micron di diametro sferico equivalente) superiore al 60-70%, soprattutto se poveri di sostanza organica.

La loro inadeguatezza risiede proprio nella mancanza di proprietà auto-strutturanti, dettata dal fatto che le particelle limose sono relativamente fini, ma non abbastanza per sviluppare proprietà colloidali, come invece possono fare più agevolmente quelle argillose.

Contrariamente a quanto si possa essere portati a considerare, i terreni argillosi, invece, sono molto più adatti alle tecniche conservative, chiaramente in assenza di compattamenti superficiali e con un buon grado di porosità e infiltrabilità.

I terreni argillosi, infatti, permettono una stabile aggregazione fra le particelle, in modo da organizzare una struttura alveolare ad un'ottimale ripartizione fra macro e microporosità garantendo le migliori condizioni di abitabilità sia per l'apparato radicale della coltura sia per l'attività biologica nel sottosuolo.

Tuttavia, perché questo stato favorevole si instauri e perduri nel tempo, è necessario che in un terreno argilloso esista un adeguato tenore di sostanza organica, parallelamente più alto al cresce della quantità di argilla.

Il ruolo della sostanza organica, nell'aggregazione fra le particelle, è di notevole importanza in quanto rappresenta una sorta di cemento che salda i punti di contatto tra particelle impedendone il collasso della struttura e ammortizzando il possibile compattamento della stessa.

I terreni argillosi, disponendo di un maggior numero di strutture di stabilizzazione hanno la potenzialità di creare glomeruli in quantità maggiore rispetto ad altre tessiture. Rimane tuttavia imprescindibile la necessità che in tali terreni la gestione delle agrotecniche sia ancora più oculata e rigorosa (Tabaglio, 2013).

La tecnica del no-tillage non è prescrivibile in alcune condizioni pedologico-ambientali. Oltre all'aspetto pedoclimatico, in fase di transizione, rimane da chiarire un altro aspetto molto importante che riguarda la velocità con la quale i vari tipi di terreno raggiungono l'equivalenza produttiva rispetto all'agricoltura convenzionale.

L'abbandono dell'aratura comporta una serie di modificazioni fisico-chimico-microbiologiche nel terreno verso uno stato di equilibrio che verrà raggiunto solo dopo un adeguato periodo temporale. Si parla, infatti, di una vera e propria fase di transizione verso il regime sodivo. Diviene molto probabile che la produttività dei primi anni di conversione possa essere inferiore a quella registrata in precedenza, tuttavia, la valutazione di convenienza o meno a intraprendere questa trasformazione della gestione del terreno non può essere impostata nel breve/brevissimo periodo. Pur considerando che l'agricoltore non è in grado di affrontare numerosi anni di insufficiente produttività, occorre ricordare che l'evoluzione può avere un ritmo lento, dovuto al fatto che il motore della trasformazione è fondamentalmente di tipo biologico, soprattutto quando la situazione di partenza è particolarmente difficile e degradata (Tabaglio, 2013).

A tal proposito può essere utile iniziare la conversione aziendale dal sistema arativo al sistema sodivo partendo secondo un graduale programma studiato in funzione delle condizioni dei terreni aziendali. In tal modo si andrà a privilegiare terreni in condizioni strutturali migliori, con una migliore dotazione di sostanza organica o quelli che hanno appena ospitato erbai /medicai poliennali.

Negli ultimi anni sono comparse alcune misure agro-ambientali nei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) di alcune regioni italiane (Veneto e Lombardia) che, riconoscendo le difficoltà oggettive derivanti da questo cambiamento di gestione del terreno, accompagnano economicamente l'adozione della non-lavorazione o della minima lavorazione nei primi anni.

Gli elementi strategici per limitare le riduzioni produttive sono l'inerzia del sistema biologico, gli errori gestionali per inesperienza, oltre che alla non sempre adattabilità di seminatrici da sodo adatte per le condizioni pedoclimatiche italiane che possono indurre a impatti pesanti dato che non si dispone di mezzi curativi a rapido effetto, come è invece l'aratro nell'agricoltura convenzionale.

### **1.5.2 Residuo colturale**

L'importanza del residuo colturale nell'AC è evidente già dalla definizione di quest'ultima, nella quale è convenzionalmente stabilito che almeno il 30% della superficie di terreno sia coperto dalla biomassa colturale residua (ASABE Standards, 2006).

Secondo Phillips (Phillips, 1983) la presenza di residuo in superficie influisce positivamente sulle caratteristiche fisiche del terreno, in particolare si distingue per una maggiore stabilità degli aggregati e aumento delle loro dimensioni. Questo trova spiegazione nel fatto che il residuo colturale, non essendo interrato, viene decomposto in modo più graduale. Lo stesso Phillips (Phillips, 1983) afferma che la velocità con cui vengono decomposti i residui colturali rappresenta un importante fattore che determina la variazione del livello di sostanza organica in un terreno.

Il continuo apporto di residuo va quindi a "sostituire" la quota di humus che annualmente viene ossidata, comportando la stabilità, e in certi casi l'aumento, del valore relativo alla sostanza organica.

La quantità di sostanza organica di un terreno rappresenta quindi un dato utile per la gestione, e per compiere scelte adeguate in rapporto alla tecnica di lavorazione. Brévault (Brévault et al. 2007) ha rilevato che dopo 3 anni di sperimentazione la biodiversità e l'abbondante numero di organismi componenti la macrofauna del suolo è significativamente maggiore in un terreno non lavorato e ricoperto di residui derivanti dalle cover crops, rispetto ad un terreno lavorato.

I numerosi vantaggi agronomici come il controllo dei fenomeni erosivi, la conservazione idrica, il miglioramento delle proprietà chimico-fisiche e biologiche del suolo, lo stoccaggio di carbonio nel suolo e molte altri richiedono tuttavia un'appropriata tecnica di gestione (Pisante, 2013).

Dal punto di vista gestionale, man mano che la quota di biomassa colturale residua sulla superficie del terreno aumenta diviene sempre più importante affrontare il problema dell'interferenza dello stesso nei confronti dell'operazione di semina, del diserbo chimico, della nutrizione azotata e del controllo dei fitofagi.

Per quanto riguarda la semina, il residuo potrà rendere difficile il taglio netto della copertura, la predisposizione del solco di semina e la corretta chiusura dello stesso. Per questi motivi diviene molto importante la possibilità di variare l'assetto degli organi dell'elemento di semina un funzione delle diverse condizioni di campo. La scelta del giusto set di elementi, la regolazione della pressione di carico, la profondità di lavoro e l'intensità della chiusura del solco sono quindi aspetti da considerare e modificare ogni volta che si procede alla semina (Pezzuolo, 2013).

Il residuo colturale, modificando il regime termico e idrico del suolo, interferisce inoltre con i processi di evaporazione dell'acqua e con il ritmo di riscaldamento del suolo, per cui comporta anche la revisione dei periodi di semina, in genere esigendo una certa posticipazione dell'operazione soprattutto quando via sia una coltura di copertura in precessione. In questo caso, infatti, è opportuno che la biomassa fresca della coltura di copertura subisca almeno una parziale essiccazione, riducendo il rischio che il riscaldamento prodotto dalla fermentazione in campo favorisca l'invasione delle limacce, con la conseguenza di una devastazione della coltura in via di germinazione e di affrancamento.

Nei primi anni di transizione, quando ancora la microflora del terreno non è adatta alle nuove condizioni fisico-chimiche ed edafiche, sarà utile rivedere i programmi di fertilizzazione, soprattutto quella azotata e, in qualche misura, anche quella fosfatica.

La minore mineralizzazione della sostanza organica, a seguito della ridotta ossigenazione (mancanza di lavorazioni con inversioni degli strati) potrà rendere necessario un aumento dell'apporto azotato (20-30 unità di azoto/ettaro), almeno fin tanto che si selezionerà una pedofauna ed una microflora più adatta ed efficiente ad operare in questo nuovo ambiente. Successivamente, anche l'aumento della sostanza organica che verrà a determinare con la non lavorazione compenserà quel probabile calo di disponibilità ed è probabile che la concimazione minerale possa addirittura essere ridotta rispetto alla tecnica convenzionale.

Una questione ancora molto dibattuta, è quella che riguarda il rapporto fra presenza di residuo colturale e incidenza di malattie fungine, in particolare per quanto riguarda i suoi riflessi sull'eventuale aumento della contaminazione da micotossine. Premesso che fra i cardini dell'AC è già stata ricordata l'importanza di un avvicendamento colturale, è del tutto ovvio che i problemi si faranno eventualmente più gravi man mano che questa prescrizione venga disattesa se ci si avvicina sempre di più ad un'autosuccessione cerealicola.

A tal proposito, l'itinerario colturale (rotazione, scelta di cultivar resistenti, mirata fertilizzazione, corretta e puntuale difesa) risulta essere in grado di ridurre fortemente la contaminazione da micotossine. Si evidenzia quindi la necessità di impostare la coltivazione dei cereali in AC adottando un approccio completo ed integrato, mettendo a frutto le conoscenze in tutti gli aspetti di tecnica colturale, dalla rotazione alla gestione della difesa fitosanitaria (Pisante, 2013).

### **1.5.3 Gestione delle infestanti**

La riduzione della produttività causata dal mancato controllo di specie infestanti può raggiungere livelli importanti qualora le misure attuate non permettano un efficace controllo in particolare se si utilizzano tecniche di lavorazione conservative.

L'impostazione di una strategia di controllo deve essere applicata correttamente integrando aspetti determinanti per l'evoluzione della flora infestante come le condizioni climatiche, la rotazione colturale e le colture praticate (Soane et al.,2012).

Sperimentazioni condotte hanno evidenziato che lavorazioni in grado di arrecare un ridotto disturbo al suolo (es. semina su sodo) permettono di mantenere più del 75% dei semi di infestanti nel primo centimetro di profondità (Chauhan et al., 2012).

Tuttavia, la presenza di residui colturali sulla superficie, caratteristica principale dell'applicazione delle tecniche di AC può avere importanti ricadute anche sulla gestione della flora infestante. Il residuo colturale, infatti, genera un ombreggiamento degli strati sottostanti, costituendo un preliminare deterrente per la germinazione dei semi di infestanti e, in molti casi, permette di inibire l'anticipo della germinazione caratteristico di certe essenze infestanti (Chauhan et al., 2012).

L'utilizzo di colture di copertura può contribuire inoltre a estendere il periodo di controllo, infatti, i residui superficiali sopprimono la germinazione delle infestanti mediante il rilascio di sostanze allelopatiche, oltre alla limitata radiazione solare che giunge alla superficie del suolo (Chauhan et al., 2012). Sono diverse le modalità con cui le colture di copertura leguminose (Erba medica, Veccia, Trifoglio, Soia, Lupino, Pisello) e non (Colza, Segale, Sorgo) rallentano lo sviluppo delle infestanti, tuttavia, la scelta di adottare un miscuglio o una consociazione di specie graminacee e dicotiledoni può garantire una maggiore efficacia a livello di canopy e biomassa.

Alla base di una corretta strategia di controllo è fondamentale la precisa conoscenza delle specie che potenzialmente possono generare la maggiore entità di danno a livello aziendale. Le informazioni sulla composizione della flora infestante nei diversi ambienti non sono di grande precisione in letteratura, poiché le variabili incidenti sono elevate. L'ambiente sud Europeo si caratterizza però per la maggiore presenza di specie annuali che meglio si adattano alle estati più miti, rispetto alle specie poliennali maggiormente diffuse nel Nord-Europa (Soane et al., 2012). Secondo Holland (Holland, 2004) l'applicazione di tecniche conservative agevola la crescita di specie perenni poiché esse risentono meno di condizioni svantaggiate (es. incompleta copertura del seme).

Nei sistemi conservativi *Digitaria saguinalis* è la specie che si sta dimostrando più insidiosa, seguita da *Bromus sterilis* e *Alopecurus mysuroides* che presentano notevoli difficoltà di controllo.

Il controllo chimico della flora infestante risulta essere quindi parte integrante nella lotta, rappresentando una soluzione pratica ed efficace per garantire produzioni soddisfacenti, tuttavia, è necessario che sia inserito in un complesso programma di gestione.

Prima della semina un intervento con erbicida sistemico non selettivo (Glyphosate) è generalmente previsto per eliminare le diverse infestanti che si trovano a vari stadi di sviluppo. Importante è il rispetto del tempo necessario alla devitalizzazione dell'infestante prima di compiere qualsiasi altro tipo di operazione colturale. In questo

modo si consente un'adeguata emergenza della coltura, cercando che essa si trovi nelle fasi immediatamente successive a uno stadio più avanzato rispetto all'infestante che emergerà più tardi, risultando così meno competitiva.

Se da rilevamenti di campo si osserva la presenza di un'elevata quantità di semi di infestanti potenzialmente germinabili, è utile ricorrere ad un erbicida di pre-emergenza. L'applicazione di questi erbicidi può avvenire sia prima, che appena dopo, la semina della coltura (prima dell'emergenza della coltura). La loro azione caratterizzata da attività residuale, va considerata per la loro distribuzione che deve essere in relazione alla prevista emergenza delle infestanti.

Rispetto alla tecnica di lavorazione convenzionale, dove questo diserbo è molto più usato, in un terreno non lavorato, la presenza dei residui in superficie, può diminuire sensibilmente l'efficacia dell'intervento. Il residuo colturale, infatti, è capace di intercettare l'erbicida, riducendo la quantità che effettivamente arriva al suolo, con conseguente riduzione dell'azione potenziale contro i semi delle infestanti (Chauhan et al., 2012). Il residuo può arrivare a intercettare dal 15% all'80% dell'erbicida applicato, riducendo di fatto l'efficacia della molecola distribuita. L'intercettazione da parte del residuo della molecola erbicida può favorire processi di volatilizzazione e fotodegradazione, oltre che altre perdite, che vanno quindi a ridurre la persistenza dell'erbicida.

Il ridotto disturbo al suolo, tipico di lavorazioni conservative come la semina su sodo, determina un grado di controllo molto basso per gli erbicidi di pre-emergenza, in particolare per quelli caratterizzati da un'elevata tensione di vapore (Chauhan et al., 2012), a cui segue quindi la necessità di ricorrere ad erbicidi di post emergenza.

Da un punto di vista economico, il possibile utilizzo di maggiori quantità di molecole erbicide porta a ridimensionare il vantaggio economico che la semina su sodo comporta rispetto alle tradizionali tecniche di lavorazione. Tuttavia, la corretta applicazione di tutte le pratiche agronomiche risulta essere più importanti che mai per il conseguimento di risultati economicamente soddisfacenti.

Le buone pratiche agricole, l'epoca di intervento, le fertilizzazioni e le irrigazioni, e il residuo lasciato in superficie permettono quando correttamente gestiti una migliore competitività della coltura nei confronti delle infestanti, oltre ad una maggiore efficienza quando prevista l'applicazione dell'erbicida.

## 1.6 Aspetti fitosanitari

Le potenziali avversità di natura biotica che possono determinare danni durante i primi stadi di sviluppo della plantula sono diverse, e possono essere divise tra fitofagi (insetti ed altri artropodi), virus, funghi fitopatogeni e limacce. All'interno di ogni singola categoria è importante però individuare le specie che possono realmente arrecare un danno alla coltura, i fattori che favoriscono la loro pericolosità, l'incidenza del rischio nel contesto produttivo e i criteri decisionali per un eventuale intervento fitosanitario qualora sia necessario ed economicamente conveniente (Furlan et al., 2009).

Le tecniche di AC, lasciando inalterato lo strato superficiale del terreno aumentano le probabilità di sopravvivenza di organismi che risiedono in esso e nei residui colturali (House e Stinner, 1983). L'accumulo di importanti quantità di residuo vegetale offre quindi un ambiente idoneo per gli stadi svernanti di molti organismi patogeni (Dodd et al., 1999).

L'adozione di una ragionata rotazione colturale diviene quindi una strategia primaria per la gestione fitosanitaria (House e Stinner, 1983), poiché oltre alla variabilità colturale comporta una riduzione delle popolazioni di organismi potenzialmente dannosi alla coltura (Hummel et al., 2002). Marasas (Marasas et al. 2001), Holland e Reynolds (Holland e Reynolds, 2003), Pullaro (Pullaro et al. 2006) e Brévault (Brévault et al. 2007) dimostrano che l'ambiente costituitosi con la non lavorazione è adatto a un elevato numero di predatori, principalmente Coleotteri Carabidi e Stafilinidi.

Tuttavia, le avversità fitosanitarie che colpiscono le principali colture cerealicole sono molteplici, ma solo alcune determinano danni produttivi tali da progettare specifici programmi di lotta.

### Elateridi

L'incidenza di elevate popolazioni di elateridi (Ord. Coleoptera; Fam. Elateridae) è risultata essere molto ridotta dalle molteplici osservazioni condotte negli ultimi 25 anni mantenendosi al di sotto dell'1% della superficie coltivata complessiva (Furlan et al., 2011).

Le responsabilità degli attacchi da elateridi non sono specifiche di una singola specie ma vi sono più specie coinvolte con caratteristiche simili tra loro.



L'attacco, generalmente è determinato dall'azione trofica degli stadi larvali che compiono rosure sulle radici spingendosi a volte anche fino alla zona del colletto. Nel mais, in particolare, le radici riducono o addirittura perdono la loro funzionalità, determinando un visibile appassimento della parte aerea, in particolare l'asse centrale, che può arrivare, in certi casi, anche alla totale perdita della pianta (alta suscettibilità fino allo stadio di 4-5 foglie).

Nel caso di attacchi di lieve entità, la pianta, una volta perso l'asse centrale, può dare origine a ricacci ma che solitamente non sono produttivi. Qualora l'erosione non interessi l'apparato radicale, ma sia limitata alla zona del colletto, il sintomo visibile sulla pianta di mais è la comparsa di striature gialle sulla superficie fogliare (Fig. 2) che possono essere, in un primo momento, confuse con sintomatologia da virosi.



Fig. 2 – Caratteristico appassimento dell'asse centrale di una piantina di mais (a sinistra) e striature gialle dovute a erosioni di elateridi nella zona del colletto (a destra).

Gli elateridi sono insetti a ciclo pluriennale e pertanto risulta difficile identificare in modo preciso la forma svernante, tuttavia, considerando che completano il ciclo in 4-5 anni, è possibile affermare che svernano un anno come adulti e 3 o 4 anni come larve.

Monitoraggi condotti da Furlan (2009) hanno permesso di suddividere le specie di elateridi in due gruppi. Un primo gruppo, a cui appartengono le specie *Agriotes ustulatus* e *Agriotes litigiosus*, si caratterizza per il mancato svernamento degli adulti (sfarfallano in tarda primavera-estate e vivono per meno di un mese) e l'ovideposizione inizia pochi giorni dopo la completa formazione dell'adulto e si esaurisce nel giro di pochi giorni (10-15 giorni).

Il secondo gruppo, invece, a cui appartengono le specie *Agriotes sordidus*, *A. brevis* e *A. lineatus* si caratterizza per lo svernamento degli adulti (possono vivere anche per un anno) e l’ovideposizione si protrae per diversi mesi, dalla primavera fino all’estate.

I fattori che influiscono sulla composizione delle diverse specie di elateridi presenti nel suolo sono molteplici e riguardano principalmente la rotazione colturale, le condizioni climatico-agronomiche (in particolar modo il contenuto di sostanza organica) e la presenza di ambienti limitrofi favorevoli per la sopravvivenza dei primi stadi di sviluppo (es. superficie ad incolto, prati, siepi, zone boscate).

Relativamente ai primi stadi di sviluppo (giovani larve e uova) precessioni colturali con prati stabili (es. medica, prati polifiti), rotazioni con coperture vegetali continue e terreni torbosi rappresentano le condizioni più agevoli.

Il monitoraggio degli adulti di elateridi viene effettuato utilizzando trappole Yatlorf (Fig. 3) innescate con i feromoni sessuali delle varie specie.



Fig. 3 – La trappola Yatlorf viene utilizzata per il monitoraggio degli adulti di elateridi

Le soglie di danno, valutate sulla base delle catture, per le diverse specie sono le seguenti: 1 larva/trappola per *Agriotes brevis*, 5 larve/trappola per *A. ustulatus* e 2 larve/trappola per *A. sordidus* (Furlan et al., 2011).

Al superamento di tali soglie può essere consigliabile intervenire alla semina con un geodisinfestante localizzato alla fila. Le sostanze attive utilizzate nella pratica sono rappresentate generalmente da Clotianidin, Teflutrin, Clorpirifos, Zeta cipermetrina, in formulazione granulare, alle dosi variabili tra 7 e 12 kg/ha.

Il trattamento insetticida ha però un'efficacia protettiva che varia in funzione di molteplici fattori, legati soprattutto alle caratteristiche di solubilità (disponibilità e concentrazione della sostanza attiva) e persistenza nelle diverse condizioni pedoclimatiche. Il controllo chimico, tuttavia, comporta diversi effetti impattanti sull'ambiente, dove in alcuni casi è risultato essere anche inefficace nel controllo (Furlan, 2009).

Fondamentale è quindi l'applicazione di soluzioni agronomiche al fine di ridurre il rischio di attacco. Ad esempio, sarebbe opportuno, in considerazione dell'ordinamento aziendale, seminare una coltura non suscettibile (Boriani et al., 2002), spostando la coltura mais in quegli appezzamenti dove il rischio di attacco è basso.

### Nottue

Gli attacchi provocati da nottue (Ord. Lepidoptera; Fam. Noctuidae) sono saltuari. Tra le specie suscettibili, il mais e la barbabietola da zucchero sono le colture dove si verificano i maggiori danni anche se limitati dal punto di vista economico.

Su mais, gli attacchi più importanti sono apportati dalla specie migrante *Agrotis ipsilon*, la quale, non è capace di svernare nelle condizioni climatiche dell'Italia settentrionale e pertanto le pullulazioni sono determinate da massicci voli migratori provenienti dal sud (Furlan, 2009).

Il mais attaccato presenta profonde rosure a livello del colletto eseguite dalle larve di IV stadio (Fig. 4). Quando le dimensioni del fusto risultano compatibili con quelle della larva, una volta entrate, proseguono l'attività trofica provocando il disseccamento, e successivamente, lo stroncamento della plantula. Negli stadi più precoci della coltura il fusto può essere completamente tagliato. Il periodo in cui il mais è potenzialmente attaccabile inizia con l'emergenza, proseguendo non oltre lo stadio di 8 foglie.



Fig. 4 – Mais con erosioni a livello del colletto determinate da nottue terricole.

Le larve, tipicamente terricole, solo lunghe circa 40-50 mm, grigiastre e punteggiate di scuro. Gli adulti sono farfalle di medie dimensioni, 40-50 mm di apertura alare, con ali anteriori di colore variabile dall'ocra al grigio-brunastro, bruno. Queste caratteristiche accomunano le due principali specie di *Agrotis*: la *A. ipsilon* e *A. segetum*

Il ciclo di sviluppo è fortemente influenzato dalle condizioni climatiche (temperatura e umidità) e può durare alcune settimane in primavera. Il numero di generazioni varia in funzione degli ambienti. Indicativamente 2-3 per *A. segetum* e 3-5 per *A. ipsilon*.

Una razionale lotta si basa sulla corretta applicazione dei modelli previsionali in grado di stimare l'entità del rischio e il momento di comparsa delle larve di quarto stadio. In questo modo i dati ricavati sono utili per individuare dove e quando sia necessario intervenire con trattamenti tempestivi in post-emergenza.

Il monitoraggio si basa sulla verifica continuativa dell'eventuale insorgenza di venti da sud significativi e controllando le catture mediante trappole a cono o a colla. Individuato quindi l'inizio del volo di *Agrotis ipsilon* si comincia il calcolo della somma termica utilizzando la temperatura dell'aria o del suolo. A partire dalla data segnalata è opportuno compiere le opportune verifiche in campo sulla presenza delle larve, per un eventuale intervento in post-emergenza con insetticidi liquidi (es. Chlorpyrifos) qualora venga superato il valore soglia.

Generalmente si interviene al superamento della soglia indicativa del 5% di piante attaccate alle 3-4 foglie (Furlan, 2009).

### Malattie fungine

L'applicazione delle buone pratiche agricole (BPA) riesce normalmente a contenere le infezioni da parte di patogeni fungini. Residui colturali non decomposti rappresentano l'ambiente ottimale dove sopravvivere e svernare, per molte specie fungine mentre il suolo stesso o la presenza di semente infetta costituiscono una fonte di inoculo generalmente secondaria.

Tra i patogeni fungini si ricordano soprattutto alcuni Oomiceti, in particolare del genere *Pythium* (Abawi e Widmer, 2000). Annate particolarmente piovose e condizioni di campo favorevoli al ristagno idrico possono causare marciume del seme, dei germinelli e moria delle giovani plantule di mais con livelli di danno anche consistenti (Fig. 5).





Fig. 5 – Marciumi da Pythium su seme e germinelli di mais

Simili condizioni di campo sono anche per la soia altrettanto rischiose, poiché favoriscono le infezioni causate da Oomiceti quali *Phytophthora megasperma* var. *sojae*, *Phytophthora sojae* (Dorrance et al., 2012) (Fig. 6) e *Peronospora manshurica*. L'infezione che interessa il seme durante la fase di germinazione, ha carattere sistemico, con sintomi osservabili nelle diverse fasi del ciclo. Elevata energia germinativa e varietà resistenti sono importanti per ridurre il rischio di infezione.



Fig. 6 – Marciume causato da *Phytophthora sojae*. L'attacco, durante le fasi di pre e post emergenza può essere favorito da condizioni di elevata umidità e temperature miti.

Importante può essere la presenza di funghi quali *Fusarium* (diverse specie tra cui *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. solani*), *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. I danni che si possono avere dall'attacco possono non essere economicamente tollerabili come ad esempio per il *F. verticillioides* che genera uno scadimento qualitativo della granella.

Lo sviluppo è favorito da temperature miti, non troppo fresche: l'optimum di temperatura viene individuato tra i 22,5 e i 27,5 °C. La temperatura minima di crescita si situa tra 2,5 e 5,0 °C, quella massima tra i 32 e i 37 °C (Causin, 2006).

La penetrazione può avvenire precocemente attraverso le radichette del mais per poi procedere endofiticamente all'interno della pianta, originando infezioni sistemiche che contribuiscono all'accumulo di fumonisine nella granella. Una seconda via d'infezione è rappresentata dalla penetrazione attraverso le setole. Le ife accrescendosi lungo le setole, raggiungono le cariossidi in formazione e vi penetrano, situandosi al loro interno (Fig. 7). Soluzioni di continuità create a causa dell'attività della piralide, grandine e altri insetti, rappresentano vie preferenziali di infezione e di distribuzione all'interno della pianta.



Fig. 7 – Marciume rosa sulla spiga di mais determinato da *Fusarium verticillioides*. A destra, sintomi di starbust, fitta rete di striature bianche lungo le quali il fungo si è sviluppato che si dipartono nel punto in cui la seta era inserita nella cariosside

La permanenza del residuo colturale, tipica dell'AC, rende indispensabile l'applicazione di una rotazione con ritorno del mais nello stesso appezzamento non prima di due anni successivi. La semina, possibilmente anticipata, di ibridi rustici e a ciclo corto permettono di ridurre l'incidenza di eventuali stress della coltura anticipando di conseguenza anche la raccolta e riducendo così l'incidenza degli attacchi di *Fusarium* mentre concimazioni adattate all'ibrido utilizzato permette di non incorrere in fenomeni di carenza e/o eccesso.

Per quanto riguarda *Penicillium*, *Alternaria*, *Trichoderma* e *Aspergillus*, nelle normali condizioni di coltivazione i rischi di fallanze dovute all'attacco da parte di questi funghi sono ridotti piuttosto del più grave problema riguardante la contaminazione da micotossine.

Il ricorso a seme conciato con prodotti fungicidi, utilizzando prodotti inibitori della sintesi dell'ergosterolo, può essere vantaggioso per il contenimento delle infezioni endofitiche di *F.verticillioides*, anche se la notevole variabilità climatica e la bassa incidenza di danno possono rendere questa applicazione non indispensabile (Furlan et al., 2009).

Nel programma di avvicendamento l'elevata quantità di residuo lasciata dalla coltura di mais, pone dei limiti per il frumento in successione al mais. Ridotte sono state le contaminazioni negli appezzamenti in cui il frumento ha seguito barbabietola da zucchero, leguminose (soia, favino, pisello), erba medica, girasole e solanacee annuali. Nella rotazione le leguminose rappresentano la precessione colturale migliore per il grano, anche considerando la quantità più limitata di residui lasciati.

### Virosi/Afidi

Le malattie del mais associate a virus o a complessi virali finora descritte sono oltre 50 ma non determinano danni tali da impostare una specifica lotta.

I virus che infettano il mais nelle condizioni climatiche italiane sono meno di una decina, appartenenti a tre famiglie virali diverse, riassunti in Fig. 8 (Furlan et al., 2009).

Famiglia	Genere	Nome della specie virale e sigla	Nome italiano del virus	Principali sintomi	Vettori principali	Tipo di trasmissione
<b>Potyviridae</b>	<i>Potyvirus</i>	Maize dwarf mosaic virus (MDMV)	virus del nanismo maculato del mais	mosaico a tessere più o meno grandi; arrossamenti; nanismo (solo alcuni ceppi); sintomi confondibili con quelli causati da altre avversità biotiche e abiotiche	afidi - parecchie specie	non persistente
		Sugar cane mosaic virus (SCMV)	virus del mosaico della canna da zucchero			
<b>Luteoviridae</b>	<i>Luteovirus</i>	Barley yellow dwarf virus-PAV (BYDV-PAV)	virus del nanismo giallo dell'orzo	arrossamenti fogliari; mosaico a tessere più o meno grandi; riduzione di fecondità; sintomi confondibili con quelli causati da altre avversità biotiche e abiotiche	afidi - <i>Rhopalosiphum padi</i> e <i>Sitobion avenae</i>	persistente circolativo
		Barley yellow dwarf virus-MAV (BYDV-MAV)			afidi - <i>Sitobion avenae</i>	
	Non assegnati ad alcun genere	Cereal yellow dwarf virus (CYDV-RPV)	virus del nanismo giallo dei cereali (già BYDV-RPV)		afidi - <i>Rhopalosiphum padi</i>	
		Barley yellow dwarf virus-RMV (BYDV-RMV)	virus del nanismo giallo dell'orzo		afidi - <i>Rhopalosiphum maidis</i>	
	Barley yellow dwarf virus-SGV (BYDV-SGV)	virus del nanismo giallo dell'orzo	afidi - <i>Schizaphis graminum</i>			
<b>Reoviridae</b>	<i>Fijivirus</i>	Maize rough dwarf virus (MRDV)	virus del nanismo ruvido del mais	nanismo per accorciamento degli internodi; enazioni; totale sterilità; sintomi inconfondibili	cicaline - <i>Laodelphax striatellus</i>	persistente replicativo

Fig. 8 – Principali agenti virali che possono essere osservate su mais.

I sintomi legati ai Potyvirus (MDMV e SCMV) sono riconducibili a mosaico, striature clorotiche e talvolta arrossamenti e necrosi delle foglie a seconda dal ceppo virale e dal background genetico dell'ibrido di mais (Furlan et al., 2009).

La sintomatologia afferente ai Luteovirus del complesso del nanismo giallo dell'orzo (BYDV e CYDV) prevede arrossamenti fogliari e il disseccamento precoce della pianta

(in alcuni casi è osservato anche mosaico). Tali sintomi sono aggravati anche da brevi periodi di basse temperature.

Questi sintomi sono scarsamente diagnostici poiché sintomi simili sono riconducibili anche ad altre cause di diversa natura. Foglie di mais che presentino arrossamenti possono essere sintomo anche di una temporanea carenza di fosforo nelle prime fasi del ciclo colturale, in concomitanza di temperature basse mentre striature giallastre possono essere facilmente confuse con un possibile attacco di elateridi.

Solamente i sintomi dovuti all'infezione da virus del nanismo ruvido del mais (MRVD) sono inconfondibili, in quanto, comporta il raccorciamento degli internodi (nanismo) con tipico portamento della pianta a palmetta. Le foglie presentano piccole escrescenze (enazioni) nella pagina inferiore lungo le nervature che conferiscono la caratteristica "ruvidità" (Furlan et al., 2009).

Il mais è particolarmente suscettibile nei primi stadi di sviluppo della pianta, tra le 2 e le 4 foglie (Blandino et al., 2011).

La trasmissione del virus avviene ad opera di insetti vettori (es. afidi, cicaline) (in particolar modo) e in altri casi cicaline. Una volta acquisito il virus, successivamente al periodo di latenza, la cicalina rimane infettiva per il resto della vita, capace quindi di diffondere il virus a diversi ospiti.

Per colture a semina autunnale un ritardo dell'epoca di semina può contribuire a limitare le visite degli afidi alla coltura.

Tra i virus che possono colpire la soia il Soybean mosaic virus (SMV) è quello attualmente più diffuso e può determinare i maggiori danni. Appartiene al genere dei Potyvirus e, come già visto, la trasmissione di tipo non persistente è mediata da afidi vettori.

Infine, è importante sottolineare che la trasmissione è possibile anche attraverso seme infetto, infatti, l'impiego di un seme sano virus-esente rappresenta una misura preventiva di estrema importanza.

### Limacce

Le limacce (Phylum: Mollusca; Cl.: Gastropoda; Ord.: Pulmonata; Fam.: Limacide e altre) possono causare rosure alla parte aerea che ipogea.

Le specie più frequenti sono: *Arion* sp., *Deroceras reticulatum* e *Tandonia budapestensis* (Fig. 9)





Fig. 9 – Da sinistra i rappresentanti delle specie di limacce rinvenute frequentemente: *Arion* sp., *Deroceras reticulatum* e *Tandonia budapestensis*

Colza e girasole sono le colture su cui i danni sono più frequenti rispetto a cereali, barbabietola da zucchero e soia. Fra i cereali, però segale e orzo sono generalmente più sensibili di mais e grano.

L'elevata presenza di residui vegetali e di sostanza organica indecomposta può elevare il rischio di infezione mentre la presenza di siepi, fasce boscate o prati a margine degli appezzamenti, costituiscono adeguati rifugi per superare i periodi sfavorevoli.

La copertura vegetale e il microambiente più umido che si viene a creare contribuiscono a spiegare il possibile aumento del numero di limacce registrato su superfici coltivate con tecniche conservative (Andersen 1999 e Andersen 2003).

I criteri di lotta possono prevedere il ricorso anche di mezzi chimici come il fosfato ferrico o di metaldeide, tuttavia, sebbene l'efficacia sia elevata, il costo relativo rende questo criterio di lotta non particolarmente diffuso.



## **CAPITOLO II – TECNOLOGIE MECCANICHE CONSERVATIVE**

Già da quando negli anni Trenta fu proposta l'AC, si cercò di limitare le interazioni con il terreno ai soli dispositivi presenti sulla seminatrice, identificandosi con la tecnica della semina su sodo o semina diretta (Benvenuti, 2007).

Nel tempo sono state definite poi altre tecniche, come le minime lavorazioni o lavorazioni semplificate, accomunate da una forte contrazione del numero di passaggi sul campo e da una forte riduzione dell'intensità delle interazioni fra organi meccanici e terreno rispetto alla tecnica di coltivazione convenzionale, basata sull'aratura.

Per decenni questo approccio alla coltivazione rimase relegato ad aree particolari e solo negli anni Ottanta iniziò ad estendersi su porzioni di territorio più ampie e, da quegli anni ad oggi, ha continuato ad incrementare la superficie coinvolta.

I motivi della recente espansione trovano risposta nella rinnovata disponibilità di tecnologie che non vanno intese solo come innovazioni meccaniche, ma anche chimiche, genetiche e un insieme di congiunture economiche, ambientali ed agronomiche che hanno stimolato la sensibilità degli imprenditori agricoli più attenti.

L'AC tende verso la semina su terreno sodo, ma anche le tecniche di minima lavorazione, soprattutto quelle basate su interventi superficiali e, quindi rapidi e poco onerosi, sono in grado di offrire molti vantaggi in termini conservativi ed economici (Pisante, 2007).

### **2.1 Lavorazioni convenzionali**

Le lavorazioni convenzionali rispondono in modo efficace ai bisogni immediati delle colture, attraverso un percorso che risulta essere costoso in quanto implica elevati consumi di energia e inoltre grava sotto il profilo del lavoro e della sua organizzazione.

Sul medio e lungo periodo queste lavorazioni generano degli effetti agronomici ed ambientali tutt'altro che positivi, determinando un progressivo impoverimento biologico dell'agrosistema suolo, dovuto all'annuale sovertimento del profilo verticale del terreno e all'intensità degli interventi per ripristinare l'ambiente idoneo alla coltivazione

Nella realtà agricola italiana, quando si parla di lavorazioni convenzionali, si intende l'esecuzione di una aratura profonda (circa 40 cm), l'estirpatura del terreno arato in genere dopo il periodo invernale e l'erpatura mediante un erpice rotante o a denti elastici nel periodo che precede l'epoca di semina della coltura (Tab. 7).

Con l'aratura si vuole ripristinare la porosità interna del terreno, permettere l'accumulo di riserve idriche, portare in profondità i semi delle piante infestanti e la carica microbica patogena presente sulla superficie del terreno e i residui colturali.

L'aratura obbliga l'agricoltore ad una serie di interventi onerosi ed energivori, generalmente condotti con attrezzature azionate dalla presa di potenza del trattore, per frantumare le macro-zolle prodotte dall'aratro e assestare il terreno. A questi, seguono gli interventi finalizzati alla preparazione del letto di semina che soddisfino le esigenze di germinazione della coltura. Le lavorazioni preparatorie del letto di semina, condotte con lo scopo di ridurre la micro-zollosità, la sofficietà del terreno e gestire le infestanti.

Le lavorazioni preparatorie, possono essere attuate con attrezzature azionate dalla presa di potenza, quali erpici rotanti o zappatrici rotative, oppure con attrezzature non azionate dalla presa di potenza, come le attrezzature riconducibili alla categoria degli erpici a denti elastici, e si concludono con una o più rullature, necessarie per adeguare la densità apparente del terreno.

A tale riguardo, va evidenziato come una rapida ed uniforme nascita delle piantine influisca in modo significativo sul risultato finale della colturale. Consapevole di ciò, l'agricoltore non lesina né sull'intensità delle lavorazioni né sul numero di passaggi determinando, talvolta, consumi di combustibile paragonabili a quelli della lavorazione primaria. Infatti, le lavorazioni secondarie e quelle preparatorie del letto di semina possono risultare molto onerose non solo in termini di consumo di gasolio, ma anche di lavoro e consumo macchina.

I pericoli di una lavorazione secondaria e preparatoria energica risiedono soprattutto nel disfacimento degli aggregati strutturali del terreno che sono importantissimo per il mantenimento di una corretta porosità e della regimazione idrica; inoltre si corre il rischio di favorire la formazione della crosta superficiale. Questo fenomeno determina difficoltà di emergenza delle colture e un incremento dell'evaporazione che depaupera quelle riserve idriche contenuto nello strato più superficiale del suolo e che sono fondamentali nel primo periodo di sviluppo.

<b>Lavorazione convenzionale con aratura profonda</b>	<b>Potenza trattore (kW/m)</b>	<b>Lavoro (h/ha/m)</b>	<b>Consumo gasolio (kg/ha)</b>	<b>Consumo energetico lavorazione (MJ/ha)</b>
Aratura profonda	86	2,08	47	2.191
Estirpatura	15	0,26	7	348
Erpicatura con erpice rotante	30	0,53	33	1.503
Semina	13	0,24	6	269
<b>TOTALE</b>	-	3,11	93	4.311

Tab. 7 – Valori tecnico – economici inerenti alla lavorazione convenzionale (Benvenuti, 2007).

## **2.2 Minima lavorazione del terreno**

Per una maggiore chiarezza descrittiva, a livello bibliografico, si attua una distinzione fra attrezzature per la minima lavorazione profonda e quelle per la minima lavorazione superficiale, anche se, tale divergenza non sempre è così rilevante.

La prima viene generalmente attuata con attrezzature che possono lavorare fino a 40 – 50 cm, ma anche a profondità minori realizzando, così, una lavorazione più in sintonia con gli obiettivi conservativi.

Quelle superficiali si avvalgono invece di attrezzature predisposte per operare solo nello strato più superficiale, i primi 5 – 20 cm, e che a profondità più elevate non svolgono correttamente i compiti per le quali sono state progettate (Benvenuti, 2007).

### **2.2.1 Minima lavorazione profonda**

La minima lavorazione profonda molto spesso utilizza le stesse tipologie di utensile delle macchine destinate alla decompattazione profonda del terreno e richiede una elevata disponibilità di potenza, comunque inferiore a quella richiesta dall'aratro, perché non rovescia il terreno e produce una minore zollosità (Pezzuolo A, Sartori L. 2012 b).

In ottica conservativa, tali macchine sono in genere riservate alle colture da rinnovo, cioè a quelle colture che meglio possono avvantaggiarsi di un terreno lavorato, attuando

per le altre, come i cereali autunno-vernini e la soia, lavorazioni meno profonde e intense. La lavorazione profonda può inoltre svolgere un ruolo importante nella fase transitoria fra una lavorazione convenzionale ed una spiccatamente conservativa.

Attrezzature munite di ancore svolgono un ruolo importante nella lavorazione dei seminativi e in particolare la conformazione della stessa è diversa a seconda della funzione attesa.

Un'ancora dritta lavora il terreno senza rivoltare gli strati e sono considerate la migliore soluzione per equipaggiare ripuntatori destinati ad effettuare interventi di decompattazione straordinaria. Ancore curve producono una notevole zollosità, specialmente quando si opera in profondità e per questo, tale tipologia viene adottata per le lavorazioni superficiali dove il fusto dell'ancora penetra solo per pochi centimetri nel terreno. Un'altra tipologia di ancora è quella caratterizzata da un fusto dritto leggermente inclinato in avanti nella parte prossimale del telaio, ed una più pronunciata in quella distale. Con questa tipologia, molto in voga nei coltivatori pesanti, viene favorita la penetrazione nel terreno, non producendo un eccessivo rivoltamento del terreno e effettuando un blando rimescolamento dello strato più superficiale.

Una quarta tipologia, denominata ancora alla francese, è caratterizzata da una curvatura laterale e da un profilo trasversale molto stretto, simile ad una lama. Questa non produce rivoltamento e disturba pochissimo la superficie, tanto che per questo, viene impiegata oltre che in attrezzature per la decompattazione profonda, anche anteposta a seminatrici combinati ad attrezzature per la lavorazione contemporanea alla semina, o a completamento di attrezzature combinate.

Le attrezzature più diffuse per le minime lavorazioni profonde sono i coltivatori pesanti che di solito sono equipaggiati con ancore dritte e inclinate in avanti o con ancore inclinate lateralmente. Nelle attrezzature più pesanti il numero di ancore generalmente è limitato a 5 e possono essere disposte su di un'unica traversa, dritta o a forma di "V", oppure su due barre, perpendicolari alla direzione di avanzamento, in modo che quelle posteriori operino nell'interfila delle anteriori.

Le attrezzature più leggere dispongono di 7 o 11 ancore, disposte su tre traverse in modo che ciascuna operi su una porzione vergine di terreno. La profondità massima non supera i 40 cm. La parte centrale dell'ancora può essere munita di una placca antiusura, a protezione del fusto, molto utile in terreni a scheletro prevalente, di un esplosore, costituito da una lama triangolare con funzione dirompente e di alette laterali che

devono operare in prossimità della superficie. Queste, oltre a contribuire nella riduzione della zollosità, devitalizzano la vegetazione presente, estirpandola.

La parte terminale monta un utensile la cui forma influisce in misura importante sull'azione prodotta. La forma tipica è quella dello scalpello, generalmente reversibile, che può essere dotato di alette, montate direttamente sull'ancora oppure sul dente stesso, che tendono a sollevare e fratturare la massa di terreno e ad incrementare la quantità di terreno smosso (Fig. 10).



Fig. 10 – Particolare conformazione della parte terminale dell'ancora di un coltivatore.

La funzione dell'aletta posta al piede di un ancora destinata ad operare in profondità è sostanzialmente quella di amplificare il dirompimento incrementando la sezione di terreno interessata all'azione prodotta da una singola ancora. Ciò permette di spaziare maggiormente le ancore fra di loro, riducendo così il costo energetico della lavorazione, o viceversa, mantenendo inalterata tale distanza per incrementare l'intensità dell'azione. L'intensità di lavorazione risulta essere maggiore se si opera ad elevate velocità di avanzamento (almeno prossime ai 5 – 6 km/h) e con ridotte distanze tra le ancore.



Alterando notevolmente il profilo del terreno, queste macchine, molto spesso vengono proposte combinate con altri organi (dischi e/o rulli) che svolgono una serie di funzioni complementari rispetto al lavoro svolto dalle ancore e di norma finalizzate a creare un profilo superficiale più omogeneo. Questi accessori sono in grado di frantumare le zolle e pareggiare il piano di semina in modo sufficiente per procedere direttamente all'impianto della coltura solo con terreni di medio impasto caratterizzati da un giusto grado di umidità. Inoltre sostituiscono le ruote di profondità, assolvendo in modo migliore anche a questa funzione (Fig. 11).

I rulli che vengono adottati sono di diversa tipologia a seconda dello scopo che si deve perseguire. Rulli a gabbia permettono di pareggiare il terreno ed affinarlo in modo grossolano, il rullo packer è più efficace del rullo a gabbia nell'affinamento, mentre un rullo a spuntoni o dentato crea un buon affinamento del terreno ma lascia zolle in superficie. Vi sono poi i rulli spiropacker e ad anelli che in condizioni non umide pareggiano il terreno e comprimono le zolle in profondità e infine i dischi dritti ondulati e i dischi concavi che offrono una buona miscelazione dei residui e in particolare, l'ultima tipologia meglio si adatta a lavorare in terreni argillosi (Benvenuti, 2007).



Fig. 11 – Esempio di coltivatore pesante equipaggiato con ancore inclinate in avanti. Il rullo a dischi concavi dentati posteriore svolge un'energica azione di rottura delle zolle.



Anteriormente alle ancore possono essere presenti dei dischi piatti o leggermente concavi, dotati di un profilo dentato, che tagliano superficialmente il terreno ed aggrediscono in maniera energica i residui colturali. La fessurazione prodotta dal disco agevola la penetrazione dell'organo lavorante nel terreno, con una riduzione dello sforzo di trazione. Inoltre, riduce il rimescolamento con i residui colturali, i problemi di intasamento e migliora da un punto di vista qualitativo il profilo superficiale del terreno. Le attrezzature per la minima lavorazione possono risultare in alcuni casi composte da sequenze di utensili diversi (Pezzuolo A, Sartori L. 2012 c), in grado di effettuare una lavorazione più o meno profonda che può variare dai 40 ai 25 cm. La presenza in serie di diverse tipologie di organi e utensili determina ingombri longitudinali elevati e il raggiungimento di pesi considerevoli, pertanto quasi tutte le attrezzature combinate sono di tipo trainato. La loro prerogativa è quella di operare una lavorazione profonda lasciando il terreno pronto per la semina. Questo obiettivo è raggiunto inserendo nello stesso attrezzo organi destinati a lavorare gli strati profondi, altri gli strati intermedi ed altri ancora la superficie per pareggiare e assestare il terreno (Fig. 12).

Pur essendo difficile una loro catalogazione, è possibile distinguere le attrezzature che propongono una combinazione fra coltivatori pesanti e coltivatori leggeri, da quelle che associano anche organi che derivano dagli erpici a dischi.

Il primo gruppo comprende attrezzature nella quale gli utensili sono disposti secondo una sequenza originale: anteriormente sono inserite su due ranghi le ancore che operano nello strato superficiale, seguite da una serie di dischi con primaria funzione di chiudi solco, e posteriormente da quelle che lavorano in profondità. L'attrezzatura termina con rullo che garantisce un adeguato pareggiamento e assestamento del terreno.



Fig. 12 – Esempio di una grande attrezzatura combinata composta da sequenze di utensili diversi.

Nel secondo gruppo l'aggressione del terreno sodo è appannaggio di organi a disco capaci di effettuare una lavorazione dello strato superficiale, lasciando, il compito della lavorazione più profonda ad una serie di ancore collocate nel centro dell'attrezzatura. Quando l'azione di rottura prodotta dai dischi anteriori è molto energica e quella delle ancore può superare i 40 cm di profondità, l'azione livellatrice e di assestamento affidata agli organi posteriori (dischi), non è sufficiente a creare condizioni idonee alla semina. La possibilità di regolare l'inclinazione dei dischi anteriori e di quelli posteriori, nonché la profondità di lavoro delle ancore, consente invece di adattare la macchina alle condizioni operative e agli scopi della lavorazione (Fig. 13).



Fig. 13 – I dischi anteriori sono in grado di avere una buona penetrazione anche in terreni duri, quelli posteriori frantumano le zolle e miscelano il residuo. Le ancore decompattano il terreno.

Minima lavorazione profonda	Potenza trattore (kW/m)	Lavoro (h/ha/m)	Consumo gasolio (kg/ha)	Consumo energetico lavorazione (MJ/ha)
Coltivatore a dischi	36	0,38	25	1.160
Coltivatore combinato	22	0,05	7	353
Semina	16	0,31	9	480
TOTALE	-	0,74	41	1.993

Tab. 8 – Valori tecnici ed economici inerenti alla minima lavorazione profonda (Benvenuti, 2007).

### **2.2.2 Minima lavorazione superficiale**

La minima lavorazione superficiale sotto il profilo della meccanizzazione si pone ad un livello intermedio fra la minima lavorazione profonda e la semina su sodo (Benvenuti, 2007). Può essere implementata nell'azienda agricola come tecnica complementare e mitigatrice delle minime lavorazioni profonde, o come tecnica di soccorso nell'ambito della semina su sodo o in modo esclusivo, cioè come principale tecnica di lavorazione.

Questa tecnica può essere adottata facendo ricorso ad attrezzature che si differenziano in misura notevole per la tipologia degli utensili e per la loro composizione con effetti agronomici notevolmente diversi.

Queste attrezzature consentono di effettuare un'unica lavorazione prima della semina e sono destinate ad operare prevalentemente su terreno sodo, ma possono essere utilizzate anche per predisporre il terreno alla semina dopo una minima lavorazione profonda.

In entrambi i casi dopo il loro passaggio il terreno assume caratteristiche tali da permettere di effettuare la semina con macchine quasi convenzionali. Su terreno sodo ciò viene ottenuto grazie alla ridotta profondità di lavoro che può raggiungere al massimo i 20 cm. Una ridotta profondità determina la formazione di zolle di minori dimensioni che consente agli organi deputati all'affinamento e al livellamento della superficie di agire in modo soddisfacente ai fini della predisposizione del terreno alla semina.

L'esigenza di operare su terreno non lavorato, il dover gestire anche elevati quantitativi di residuo colturale e la necessità di preparare in un unico passaggio un letto di semina idoneo all'impianto della coltura ha stimolato costruttori italiani e stranieri a rivisitare macchine convenzionali o a creare macchine ex-novo capaci di offrire soluzioni valide per questo tipo di lavorazione.

Infatti, se alcune di queste attrezzature possono essere ricondotte alla categoria dei coltivatori leggeri combinati con utensili pareggiatori o a quella degli erpici a dischi, altre sono di difficile catalogazione perché equipaggiate con utensili che per forma o modalità di collegamento al telaio si differenziano, in modo più o meno eclatante, dagli utensili convenzionali.

Queste attrezzature operano non azionate dalla presa di potenza del trattore e sono strutturate per operare ad elevate velocità; inoltre sono caratterizzate da elevate larghezze di lavoro, in genere compresa fra i 3 e gli 8 metri, e da notevoli ingombri longitudinali.

La lunghezza è necessaria per poter disporre su ranghi separati i diversi organi in modo da evitare l'effetto rastrello sul residuo colturale (soprattutto per le attrezzature ad ancore), o garantire agli utensili un'adeguata inclinazione rispetto alla direzione di avanzamento (come negli erpici a dischi), o per attendere la ricaduta sul suolo del residuo e del terreno prima dell'arrivo dei successivi utensili, o, infine per migliorare la manovrabilità. La dimensione di queste attrezzature e la loro massa, inevitabilmente elevata, impone quasi sempre l'adozione di un collegamento al trattore di tipo trainato. Larghezza e velocità di lavoro, entrambe elevate, determinano grandi capacità di lavoro che consentono di operare con tempestività, cioè permettono di operare all'interno delle finestre temporali utili allo svolgimento dell'operazione. È infatti fondamentale per la buona riuscita dell'intervento che il terreno si presenti in condizioni di umidità idonee sia rispetto alla sua composizione e sia in funzione della tipologia della macchina e degli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere (Pezzuolo A, Sartori L. 2012 d).

I coltivatori leggeri, come già citato precedentemente, oggi annoverano numerose attrezzature innovative rivisitate in chiave conservativa.

Le ancore possono essere rigide, e munite di dispositivi di sicurezza, od elastiche e sempre destinate a lavorare in superficie. La loro disposizione è tale da garantire una luce libera fra le ancore di 700 – 900 mm, disponendole su almeno due, tre o quattro ranghi. In questo modo il deflusso del terreno e soprattutto del residuo vegetale avviene senza impedimenti, permettendo il rapido svolgimento dell'operazione.

Le ancore sono caratterizzate da forme in grado di contenere l'azione di rovesciamento del terreno e di privilegiare una blanda miscelazione. A tale riguardo queste attrezzature possono essere equipaggiate con ancore ricurve, caratterizzate da angoli di curvatura poco accentuati nella loro parte attiva, con ancore dritte o con ancore a profilo sigmoidale. Queste ultime due tipologie sono meno sensibili ad un eventuale approfondimento della lavorazione ed in alcuni casi sono regolabili nella loro inclinazione.

Nella lavorazione delle stoppie e in più in generale negli interventi più superficiali gli utensili consigliati per la lavorazione sono reversibili, più larghi alle estremità che al centro e sempre dotati di alette molto pronunciate. Data la ridotta profondità di lavoro, il taglio orizzontale del terreno prodotto dalle alette offre un'azione di diserbo meccanico molto efficace. Il sollevamento prodotto dall'aletta deve interessare tutto il fronte di

lavoro e, quindi, è in base alla loro dimensione che viene stabilito il numero delle ancore per metro di larghezza di lavoro.

Infine, queste attrezzature sono sempre corredate da organi destinati a livellare il terreno, ad affinarlo ulteriormente e ad assestarlo in modo da permettere di eseguire la semina anche dopo un solo passaggio di coltivatore. Sono sempre presenti dischi convessi o stellati per chiudere il solco creato dalle ancore, montati direttamente sul telaio e regolabili nella profondità. Questi organi lavorano il terreno smosso dalle ancore e non intaccano lo strato più profondo.

Possono inoltre essere presenti organi a denti elastici per contribuire all'assestamento degli aggregati di terreno prodotti dalle ancore; invece è sempre presente un rullo, di varia tipologia, al quale è demandato l'importante compito di rifinire il lavoro rendendo possibile la semina (Fig. 14).

La scelta della tipologia di rullo è quindi fondamentale e va compiuta con attenzione in funzione delle caratteristiche del suolo.



Fig. 14 – Attrezzatura che lavora in superficie e lascia il terreno in condizioni idonee alla semina.

Un'altra categoria molto diffusa nella minima lavorazione superficiale sono gli erpici a dischi. Questa categoria comprende gli erpici a dischi convenzionali, costituiti da calotte sferiche e parallele inserite folli su assi disposti simmetricamente rispetto alla direzione di avanzamento e angolati fra loro, e gli erpici a dischi indipendenti, nei quali i dischi, folli, sono collegati singolarmente ad una barra perpendicolare alla direzione di avanzamento (Fig. 15).





Fig. 15 – Erpice a dischi tandem che presenta in modo alternato dischi lisci e dentati.

Gli erpici a dischi convenzionali sono definiti tandem quando dispongono di quattro assi portadischi disposti a “X”, offset quando gli assi portadischi sono solo due e sono disposti in modo angolato fra loro.

Gli erpici a dischi indipendenti, rispetto agli erpici a dischi convenzionali offrono un minor ingombro longitudinale (aspetto che ha contribuito al loro successo) in quanto sono disposti su due linee perpendicolari alla direzione di avanzamento. L’inclinazione non è quindi fornita dall’asse, ma è data a livello del supporto di collegamento.

Elementi che influiscono sulla qualità della lavorazione sono: il peso dell’attrezzatura; la dimensione, la forma e la posizione del disco; la velocità di avanzamento.

Le attrezzature che sono destinate ad operare su terreno sodo sono caratterizzate da pesi compresi fra i 700 e i 900 kg/m fronte di lavoro.

La convessità del solco e la sua inclinazione rispetto alla direzione di avanzamento influisce sulla capacità di penetrare all’interno del terreno e sulla frantumazione delle zolle. Negli erpici convenzionali è possibile modificare l’inclinazione degli assi porta dischi modulando la loro aggressività in funzione delle condizioni del terreno mentre in quelli a dischi indipendenti la regolazione è condotta a livello di singolo utensile.

La profondità di lavoro può anche essere regolata modificando la posizione del rullo posteriore rispetto al telaio e agendo su apposite ruote di controllo, non sempre presenti, ma indispensabili negli erpici a dischi indipendenti di grande lunghezza perché contribuiscono a migliorarne la stabilità.

I dischi possono essere caratterizzati da un profilo liscio o dentato. Questi ultimi sono in grado di aggredire con maggiore efficacia il residuo colturale rispetto ai lisci, e per questo vengono privilegiati nelle attrezzature destinate alle minime lavorazioni. Sugli erpici a dischi convenzionali, caratterizzati da un'azione tendenzialmente più aggressiva, possono invece essere proposti alternati ai dischi lisci.

Velocità di avanzamento molto elevate (10 – 20 km/h) contribuiscono a migliorare la disgregazione delle zolle e, più in generale la qualità della lavorazione.

Infine va evidenziato come queste attrezzature aggrediscono bene tutti i tipi di terreno e lavorano l'intera superficie, aspetto importante nella lotta contro le infestanti avventizie.

A fianco di queste attrezzature specializzate è utile vagliare fra le macchine convenzionali azionate dalla presa di potenza quelle in grado di svolgere un ruolo positivo nell'ambito dell'AC. Fra tutte, gli erpici rotanti si distinguono sotto il profilo agronomico per la capacità di realizzare una lavorazione idonea alla semina evitando un eccessivo affinamento. In queste attrezzature l'innovazione in chiave conservativa è ancora limitata e ha riguardato solo pochi modelli nei quali si è provveduto a ridurre il numero di rotor per metro di larghezza di lavoro, con lo scopo di attenuare l'intensità della lavorazione, e a garantire una maggiore luce libera al suolo, necessaria al deflusso del materiale sollevato durante la lavorazione. Queste semplici modifiche hanno generato una macchina che produce un'azione meno intensa ed è al contempo capace di operare con minor difficoltà su terreno sodo e in presenza di residui colturali.

Ciononostante l'erpice rotante deve essere inserito in modo corretto all'interno del processo produttivo proprio perché è l'impiego diverso che l'agricoltore può fare di queste macchine a rendere utile la loro utilizzazione nell'ambito conservativo.

<b>Minima lavorazione superficiale</b>	<b>Potenza trattore (kW/m)</b>	<b>Lavoro (h/ha/m)</b>	<b>Consumo gasolio (kg/ha)</b>	<b>Consumo energetico lavorazione (MJ/ha)</b>
Diserbo in pre-semina	5	0,01	2	100
Coltivatore leggero combinato	26	0,06	8	353
Semina	14	0,28	7	351
<b>TOTALE</b>	-	0,35	17	804

Tab. 9 – Valori tecnici ed economici inerenti alla minima lavorazione superficiale (Benvenuti, 2007).

## **2.3 Semina su sodo**

La semina su sodo propriamente detta è una tecnica di coltivazione che cerca di non alterare il terreno per poter sfruttare a proprio vantaggio quei processi naturali che ripristinano e mantengono nel tempo condizioni edafiche idonee alla coltivazione stessa. Quando la gestione del terreno è condotta in modo opportuno è possibile e conveniente limitare le interazioni fra organi meccanici e suolo alle sole linee di semina e di deposizione del fertilizzante.

Le tecnologie oggi disponibili per effettuare la semina su un terreno non lavorato e senza lavorarlo sono affidabili e consentono di operare in maniera soddisfacente. Tuttavia, perché tali tecnologie riescano a lavorare come è atteso da un sistema produttivo intensivo qual è quello italiano e europeo, è necessario che siano rispettate alcune condizioni operative non sempre facili da ottenere, sia a causa dell'andamento meteorologico, sia per gli effetti di questo sulle condizioni del terreno e sia, infine, per le condizioni nelle quali si trova il residuo.

In questo contesto l'agricoltore deve, ancor più che con le minime lavorazioni, individuare il momento idoneo per effettuare la semina, deve comprendere, fin da prima della raccolta della precedente coltura, come gestire il suo residuo, deve individuare una efficace strategia di lotta alle infestanti, deve programmare la concimazione e, non di ultima importanza, saper adeguare la seminatrice allo stato del terreno e del soprassuolo. Operativamente parlando è preferibile che l'eventuale distruzione della biomassa della coltura intercalare venga eseguita con un anticipo di 15-20 giorni rispetto alla semina per scongiurare rischi di proliferazione di limacce e/o danni da diserbo qualora la devitalizzazione sia chimica.

### **2.3.1 Limiti e prospettive**

Un'applicazione integrale della semina su sodo deve coinvolgere tutti gli aspetti della coltivazione. Quando l'agricoltore ha fatto proprio questo criterio, la semina su terreno sodo può essere adottata per tutte le colture estensive e può essere reiterata nel tempo con continuità, ossia senza provvedere ad effettuare interventi di lavorazione né profondi né superficiali. Questi interventi divengono necessari solo quando, per diverse cause, spesso riconducibili ad una non buona gestione delle operazioni di campo, le



condizioni edafiche del suolo vengono compromesse al punto da deprimere la produttività colturale. Gli interventi sul terreno possono però rendersi necessari anche quando le condizioni del suolo non consentano alla seminatrice di operare in modo soddisfacente. Questo limite può coincidere con il precedente o rivelarsi anzitempo. Ovvero, possono manifestarsi condizioni nelle quali la seminatrice non riesce ad operare con la qualità attesa, ma la pianta ancora non ne risente sotto il profilo produttivo. Questa situazione si verifica quando le alterazioni coinvolgono la parte più superficiale del terreno (soprassuolo compreso) interferendo negativamente con gli organi meccanici della seminatrice, ma poco o nulla con la crescita della pianta una volta che sia riuscita ad affrancarsi.

Questo problema non potrà essere annullato solo attraverso una ulteriore evoluzione delle tecnologie meccaniche, ma il suo superamento dovrà necessariamente coinvolgere la tecnica di coltivazione (rotazioni) e le modalità di gestione degli interventi di meccanizzazione, soprattutto nella fase di raccolta (Tabaglio, 2013).

È palese come per l'adozione continuata della semina su sodo siano determinanti anche le esigenze della pianta nella fase di germinazione e di affrancamento. Per le colture a semina di precisione e che pretendono una perfetta deposizione del seme (mais), l'alterazione del profilo può costituire un valido motivo per intervenire con una lavorazione volta a ripristinare condizioni di semina migliori.

L'attitudine di una coltura nei confronti della semina su sodo però dipende anche da altri fattori, come quelli botanici, fisiologici e climatici e si estrinseca in maggior misura nella soia e nelle colture a semina autunnale, come i cereali autunno-vernini. A tal riguardo possiamo rilevare come l'andamento climatico autunnale, nonostante i sempre più frequenti scostamenti dagli andamenti medi, favorisca l'emergenza delle colture.

La riduzione dell'evapotraspirazione, causata dalla riduzione della durata e dell'intensità della radiazione solare, dalla riduzione delle temperature e dall'incremento dell'umidità atmosferica, possono rendere meno grave una scarsa omogeneità nella profondità di semina un non perfetto ricoprimento del seme. Inoltre, la capacità di accostamento dei cereali a paglia consente di supplire ad eventuali fallanze nella deposizione del seme o alla mancata germinazione di alcuni semi, eventi che si manifestano soprattutto quando la semina viene effettuata in condizioni difficili.

In particolare, se la loro incidenza è bassa e si manifesta con casualità all'interno dell'appezzamento, l'attitudine ad accostare compensa questi fenomeni senza interferire con la produttività della coltura.

In generale gioca un ruolo positivo la scarsa dipendenza del risultato produttivo della coltura dal numero di piante emerse. Infatti ciò consente di incrementare, in condizioni operative difficili, le quantità o il numero di semi impiantati, sopperendo così ad eventuali fallanze determinate da una non adeguata deposizione del seme.

Infine un ultimo stimolo all'adozione della semina su sodo deriva da opportunità legate alla tempestività (Tab. 10) e alla necessità di non depauperare le riserve idriche del suolo, aspetti importanti, ma che possono diventare strategici nei secondi raccolti.

<b>Semina diretta</b>	<b>Potenza trattore (kW/m)</b>	<b>Lavoro (h/ha/m)</b>	<b>Consumo gasolio (kg/ha)</b>	<b>Consumo energetico lavorazione (MJ/ha)</b>
Diserbo in pre-semina	5	0,01	2	100
Semina	16	0,31	9	480
TOTALE	-	0,32	11	580

Tab. 10 – Valori tecnico – economici inerenti alla semina su sodo (Benvenuti, 2007).

<b>Sistemi di lavorazione</b>	<b>Lavoro (h/ha/m)</b>	<b>Consumo energetico lavorazione (mj/ha)</b>
Lavorazione convenzionale	100	100
Minima lavorazione profonda	44	46
Minima lavorazione superficiale	18	19
Semina diretta	12	13

Tab. 11 – Comparazione finale fra diversi sistemi di lavorazione, effettuata con riferimento ai cantieri descritti in tabella 4,5,6 ponendo uguale a 100 il cantiere di lavoro convenzionale (Benvenuti, 2007).

### 2.3.2 Componenti tecniche delle seminatrici da sodo

A differenza delle convenzionali versioni, le seminatrici da sodo sono equipaggiate con utensili in grado di gestire la presenza del residuo colturale, effettuando azioni di spostamento e taglio. Queste azioni possono essere svolte da organi specifici o da utensili chiamati a realizzare anche altre funzioni.

Sono invece sempre presenti organi assolcatori per l'apertura del solco e la deposizione del seme e dispositivi per chiudere il solco e far aderire il terreno al seme (Fig. 16).



Fig. 16 – L'elemento di semina è composto da un disco preparatore, un assolcatore a doppio disco con ruote di profondità in metallo e ruote chiudi solco.

La condizione migliore si raggiunge quando tutti gli utensili che operano sulla linea di semina sono collegati fra loro e, insieme, al telaio mediante dispositivi a parallelogramma articolato. Questi, quando sono strutturati secondo idonee geometrie, consentono all'elemento di semina di seguire in modo ottimale il profilo del terreno fornendo l'indipendenza necessaria dal telaio, e quindi dagli altri elementi.

Anche se governati dallo stesso sistema di collegamento, ciascun utensile deve inoltre possedere un dispositivo che consenta di modificare la sua posizione rispetto agli altri ed eventualmente il carico specifico con il quale agisce il terreno. Il carico di tutto l'elemento viene invece determinato a livello del parallelogramma articolato e, in questo

caso, è utile poter disporre di ghiera tarate che consentono di uniformare fra loro tutti gli elementi della seminatrice.

Infine, le sollecitazioni alle quali i diversi utensili menzionati possono essere sottoposti sono molto forti e per questo devono essere montati con leve vantaggiose ed essere realizzati con materiali particolarmente resistenti.

Un buon elemento di semina deve essere in grado di:

- ✓ Penetrare nel terreno;
- ✓ Tagliare i residui colturali senza provocarne il loro interrimento;
- ✓ Deposare il seme alla profondità prestabilita in modo uniforme e con un diretto contatto con il terreno umido evitando la presenza di camere d'aria intorno al seme;
- ✓ Evitare di disturbare gli altri elementi contigui (eccessivo spostamento o sollevamento del residuo colturale);
- ✓ Localizzare il fertilizzante, possibilmente ai lati del solo e a maggior profondità del seme;
- ✓ Chiudere il solco di semina lasciando un'uniforme presenza di residuo colturale;
- ✓ Realizzare le sopracitate azioni senza lavorare troppo il terreno e i residui colturali.

#### Utensili per lo spostamento del residuo

La funzione di questi utensili è quella di liberare dai residui colturali una banda larga da 100 a 150 mm a cavallo della linea di semina prima del passaggio dell'assolcatore in modo da rendere più agevole la successiva deposizione del seme e mantenere costante la profondità di semina. (Pezzuolo A., Sartori L. 2011 b). Un altro ruolo importante di questi utensili, oltre ad agevolare il compito degli assolcatori, è quello di favorire il riscaldamento del terreno in corrispondenza della fila in modo tale da favorire la germinazione. Ciò è particolarmente utile nelle semine primaverili, quando il terreno sodo tende a scaldarsi più lentamente, determinando una traslazione della semina del mais e del girasole.

Gli elementi sposta - residuo sono generalmente costituiti da una coppia di dischi di forma stellata montati folli su supporti elastici, in posizione leggermente angolata rispetto alla direzione di avanzamento, attraverso dispositivi che consentano di regolare l'inclinazione e l'altezza. L'obiettivo, infatti, è quello di spostare il residuo colturale senza smuovere il terreno, soprattutto in presenza di terreni con abbondante scheletro.

In tal caso il loro allontanamento lascia una depressione che da un lato complica il lavoro dell'assolcatore e dall'altro potrebbe favorire la formazione di ristagni idrici. Inoltre, quando le punte smuovono il terreno può essere stimolata la germinazione delle infestanti.

La loro disposizione può essere talora anche posteriore agli utensili destinati a effettuare il taglio del residuo e la pre-lavorazione del solco di semina. Questa disposizione semplifica il loro inserimento e la loro azione in quanto il residuo colturale tagliato può essere spostato con maggiore facilità su entrambi i lati. Anteposti agli organi di taglio o in il loro assenza può essere conveniente inserire un solo utensile per elemento in modo da evitare possibile competizioni (Fig. 17).



Fig. 17 – Presenza di un utensile spartitore anteposto al disco preparatore in una seminatrice di precisione con assolcatore a doppio disco.

#### Utensili per il taglio del residuo

Questi utensili sono generalmente costituiti da un disco folle che ha il compito di tagliare il residuo colturale e produrre una minima lavorazione limitata alla linea di semina. Il taglio deve essere netto per evitare che il residuo stesso sia trascinato nel solco di semina dove potrebbe ostacolare la germinazione o sollevare il seme esponendolo all'aria (hairpinning).

Questi dischi sono in genere anteposti e in linea con i corpi seminatori: possono essere montati sull'elemento seminatore e, in questo caso sfruttano il medesimo parallelogramma articolato per mantenere costante la profondità di lavoro; oppure collegati direttamente al telaio e in questo caso devono almeno essere muniti di un dispositivo a molla che gli permetta di adeguarsi alle irregolarità del terreno e di superare eventuali ostacoli.

La regolazione della profondità di lavoro è importante perché il disco deve penetrare nel terreno per non più di un quarto del suo diametro, in modo da non perdere l'angolo di taglio ideale, e riuscire così a vincere la resistenza offerta dal residuo colturale.

Il diametro del disco va quindi scelto in funzione della profondità di lavoro che non dovrebbe superare i 50 – 70 mm (poco inferiore a quella di semina).

Dischi caratterizzati da un profilo liscio hanno una grande capacità di penetrazione e per questo dovrebbero essere muniti di un dispositivo che regola la profondità. Sviluppano il minimo disturbo sulla fila di semina e sono quelli più adatti alla maggior parte delle situazioni pedologiche.

I dischi con profilo liscio e corpo goffrato smuovono maggiormente il terreno, producendo un solco più largo ed operano bene su terreno in tempera, mentre in terreni umidi tendono a svuotare il solco.

Dischi dal profilo ondulato possono avere diversi gradi di curvatura delle ondulazioni; quelli poco corrugati e solo nella fascia più esterna, tipo "dura flute", tagliano e lavorano bene il terreno, però per una fascia molto stretta, che può essere inferiore a quella interessata dal passaggio dell'assolcatore. Questa tipologia è meno sensibile all'avanzamento riuscendo ad operare bene anche ad alte velocità. Al crescere della curvatura e dalla profondità dell'incisione sul disco incrementa l'effetto del suolo (la larghezza della fascia lavorata può raggiungere i 50 mm e dovrebbe essere scelta in funzione della larghezza lavorata dall'assolcatore) a discapito però di quello di taglio e di penetrazione.

Vi sono anche dischi ondulati, definiti "turbo", che hanno i rilievi disposti in modo obliquo (in genere sono inclinati di 22°) che amplificano l'intensità della lavorazione (larghezza dell'area lavorata è di circa 25 mm), migliorano il taglio e favoriscono l'estrazione dei residui vegetali che altrimenti potrebbero rimanere imprigionati nel terreno. Questa azione di estrazione però può rilevarsi dannosa producendo lo svuotamento del solchetto, specialmente ad alte velocità di lavoro. L'ondulazione

prende contatto con il terreno in maniera quasi perpendicolare, facilitando il taglio e minimizzando l'interramento della paglia, permettendo quindi di ridurre lo slittamento del disco che tendere ad assumere una velocità di rotazione prossima a quella di avanzamento: in questo modo la resistenza al rotolamento non viene mai superata dallo sforzo di taglio.

Per favorire l'azione di taglio i dischi possono essere dotati di due pattini o lame piatte elastiche disposte parallelamente al terreno in modo che durante il lavoro regolino la profondità, blocchino il residuo al suolo e così migliorino le prestazioni del disco. Inoltre permettono di trattenere la terra nel solco evitando il sollevamento del residuo colturale.

Il disco esercita una pressione che può oscillare fra i 100 e 200 kg e deve poter essere regolata in funzione delle condizioni del terreno dove oltre alla tessitura, anche l'umidità gioca un ruolo importante sulla resistenza alla penetrazione. Terreni secchi, argillosi e compatti esercitano un'alta opposizione alla penetrazione mentre terreni umidi e sciolti possono offrire addirittura una resistenza insufficiente affinché il residuo colturale venga tagliato in modo completo ed efficace.

È bene ricordare che il taglio del residuo avviene solo se i margini del solco oppongono resistenza, in caso contrario, il residuo stesso si lascerà trasportare entro il solco.

Quando il terreno è umido poi, anche il residuo tenderà ad avere un alto grado di umidità che ne aumenterà la sua flessibilità.

La velocità di avanzamento deve rimanere nei limiti di compatibilità della lavorazione, perché proprio quest'organo è molto sensibile alla velocità potendo risultare, a seconda della conformazione, più dannoso che utile superando i 6-7 km/h.

### Gli assolcatori

L'assolcatore è un utensile che provvede a formare il solco di semina e a deporre il seme alla corretta profondità. Eventualmente, può essere abbinata anche la distribuzione localizzata del fertilizzante in zona sottostante e laterale a quella del seme.

L'assolcatore più diffuso nel mondo è quello caratterizzato da due dischi lisci appaiati, che divergono leggermente nella parte posteriore e superiore, ognuno munito di una ruota gommata o in metallo ad esso solidale che regola la profondità di semina.

Solo in condizioni particolari possono essere impiegate tipologie diverse, come gli assolcatori monodisco o a falce, in particolare giustificate in presenza di terreni dal



medio impasto allo sciolto, o per altri versi, in terreni con elevato grado di stabilità strutturale per abbondanza di sostanza organica.

Nella tipologia di assolcatore a “doppio disco” il tubo adduttore del seme si inserisce fra i due dischi guidando la discesa del seme. Nella parte anteriore è presente un utensile curvo, solidale al telaio dell’elemento, che protegge il tubo e la discesa del seme impedendo al terreno di penetrare fra i dischi.

L’angolo di divergenza dei dischi deve essere ridotto e proporzionato al loro diametro in modo da formare un solco contenuto, variabile fra i 25 e i 75 mm.

Le più moderne ed efficaci alternative costruttive si caratterizzano per avere dischi di diametro diverso, in modo da creare una diversa velocità periferica.

Nelle seminatrici che operano col disco preparatore anteriore, definite a “triplo disco”, per sfruttare in pieno la funzione di questo organo sarebbe opportuno che la larghezza del solco prodotto dall’assolcatore non superasse quella del soldo del disco. In altri termini, in questa tipologia, il disco anteriore ha il compito di smuovere una sezione di terreno all’interno della quale andrà ad operare l’assolcatore a doppio disco.

Indipendentemente dalla strategia adottata è bene optare per assolcatori dotati di una ridotta larghezza perché un solco ampio genera un maggior sforzo di trazione, è più difficile da chiudere e determina una maggior pressione laterale; inoltre il compattamento e il lisciamiento delle pareti del solco che ne deriva, potrebbe avere influenze negative per l’emergenza.

Il successo dell’assolcatore a disco risiede nel fatto che ha una grande capacità di disimpegno in presenza di residui e una notevole facilità di regolazione. Esistono su questo schema alcune variazioni come quella che prevede che uno dei due dischi sia caratterizzato da un diametro maggiore rispetto all’altro e dotato di un profilo dentato. Tale soluzione lo rende più aggressivo sui residui colturali e risulta utile qualora si operi senza terzo disco.

L’assolcatore può essere equipaggiato con altri utensili. Diffusi ed efficaci sono quegli utensili che, montati posteriormente, provvedono a trattenere il seme e la terra fine nel solco. Sono sostanzialmente organi di compattazione che operano nel solco prima della sua chiusura agevolando l’azione dei chiudi solco posteriori ed evitando che una eccessiva compressione sulla superficie produca nei terreni umidi uno strato indurito che interferirebbe con la futura emergenza.



Questi possono essere elementi detti a coda di castoro, realizzati in materiale plastico o teflon, che sporgono vistosamente dal retro dell'assolcatore oppure ruotini che esercitano una pressione sul solco, regolati mediante una molla di carico.

Un'altra tipologia di assolcatore è presentata dal "monodisco" che può essere piatto o convesso, con profilo liscio o crestato, sempre di grandi dimensioni (diametro anche di 500 mm), montato in modo più o meno inclinato rispetto alla direzione di avanzamento (massimo 5-7°) e sostenuto da una forcella a braccio oscillante (Fig. 18).

Sebbene questa tipologia sia ancora disponibile sul mercato, il suo attuale impiego nelle seminatrici da sodo si è molto ridotto, a favore degli assolcatori a doppio disco.



Fig. 18 – Seminatrice a righe con assolcatore a disco singolo e chiudi solco gommato.

Questa soluzione è adottata per le semina a righe (Pezzuolo A., Sartori L. 2011 a ) e per la distribuzione interrata e localizzata del fertilizzante sia su attrezzature specializzate per svolgere questa operazione e sia su dispositivi destinati ad equipaggiare le seminatrici di precisione.

I vantaggi offerti riguardano l'ingombro trasversale e longitudinale che risulta essere più contenuto (utile nella semina a righe), la semplificazione dell'elemento di semina con conseguente riduzione di peso e di costi. Si evidenziano vantaggi legati ad una minore tendenza ad intasarsi, ad una buona penetrazione (in funzione della tipologia di disco) e ad una più facile regolazione. Minore è, invece, la sua capacità di tagliare il residuo e di mantenere costante la profondità.

Tali svantaggi sono attenuati impiegando questa tipologia di assolcatore nelle semine dei cereali autunno-vernini, dove viene largamente utilizzato proprio in virtù della semplificazione oltre che della riduzione dei costi. Sempre per questa coltura vi sono seminatrici ulteriormente semplificate che utilizzano per la preparazione del solco gli utensili di un erpice a dischi e per la deposizione del seme un adduttore posto sul lato esterno e posteriore del disco.

Infine, un'ulteriore tipologia deriva dalla possibilità di sostituire la classica architettura a disco con un falciatore. Tale soluzione costituisce una possibile soluzione nel caso in cui ci si trovi a operare in terreni ricchi di scheletro o, per altri versi, in terreni con tessitura piuttosto sciolta. L'assolcatore è costituito da una piccola ancora con un puntale, talvolta dotato di alette laterali, più o meno accentuate, aventi la funzione di tagliare verticalmente e orizzontalmente il suolo, sollevarlo e deporlo nuovamente dopo la collocazione del seme. Gli elementi devono essere disposti su più ranghi per evitare che il residuo colturale venga trascinato e che si verifichino ingolfamenti (Fig. 19). Questa tipologia di assolcatore richiede una pressione inferiore per penetrare il terreno sodo. Lavora uno spazio relativamente ampio ed il terreno viene smosso in misura maggiore rispetto alle tipologie a disco, circostanze che lo rendono meno indicato a terreni dal medio impasto all'argilloso. Inoltre, il più intenso spostamento laterale di terreno obbliga a moderare la velocità dell'operazione di semina.



Fig. 19 – Seminatrice a righe con assolcatori ad ancora disposti su più ranghi.

### Organi per la regolazione della profondità di semina

Semi depositi troppo in profondità o troppo superficiali possono non germinare. I primi perché esauriscono le riserve prima di giungere alla luce e i secondi perché possono trovarsi privi di un sufficiente contatto col suolo che ne garantisca l'umidificazione. Mantenere costante la profondità di deposizione consente di ottenere un'emergenza uniforme evitando che le piante nate successivamente subiscano il dominio per luce e risorse nutritive da parte di quelle più sviluppate.

La soluzione più idonea per operare su terreno sodo in presenza di residui è rappresentata da ruote in gomma o in metallo applicate direttamente sull'assolcatore e lateralmente ad esso. Sull'elemento a doppio disco queste ruote devono essere presenti su entrambi i lati, mentre sul monodisco solo sul lato opposto a quello dove è presente il corpo seminatore. Il centro di queste ruote dovrebbe coincidere con l'asse di caduta del seme.

Le ruote larghe, rispetto alle strette, sono più sensibili alla presenza dei residui colturali che quando sono abbandonati e mal distribuiti non riescono a mantenere una profondità di semina costante. Le ruote strette, invece, riescono a comprimere meglio il residuo risentendo meno di una sua disomogenea distribuzione.

Le ruote in metallo possono essere dotate di un raschiatore evitando che l'adesione del terreno alteri il loro diametro e di conseguenza anche la profondità di semina.

Le ruote aderiscono al disco anche per mantenerlo costantemente pulito ed evitare che si accumulino residui che potrebbero ostacolare l'azione.

Con lo scopo di migliorare il contatto fra ruota e assolcatore, alcune ruote in metallo sono invece caratterizzate da un profilo leggermente conico in modo tale che la spinta generata dal contatto col suolo le spinga verso l'assolcatore.

Inoltre, le due ruote possono essere basculanti permettendo di mediare in modo ottimale le differenze di quota che dovessero verificarsi sui due lati dell'assolcatore.

### Elementi chiudi solco

L'operazione finale della semina è affidata a organi ricopritori e compressori.

Questa fase dell'operazione è molto importante perché deve garantire la copertura del seme e il contatto fra il seme - suolo in modo da assicurare una sua rapida e continua umidificazione. Un'insufficiente chiusura del solco è una delle principali cause della mancata emergenza, soprattutto in colture sensibili come il mais perché espone il seme

alla predazione da parte della fauna, ne impedisce l'umidificazione o lo sottopone a un'alternanza di umido e di secco.

Quando il suolo è umido, una compressione quasi verticale sul terreno che sovrasta il seme può portare alla formazione di una crosta che ostacola fisicamente l'emergenza della piantina.

In suoli pesanti e umidi, specialmente nelle semine primaverili, la fessurazione dei dischi può risultare difficile da rimarginare.

A tal riguardo si ricorda che nella tecnica del sodo, lo strato superficiale del terreno è caratterizzato da un grado di umidità maggiore rispetto ai terreni lavorati.

La chiusura del solco di semina e l'azione di compressione possono essere affidate ad organi distinti. In questo caso è possibile trovare degli organi ricopritori, detti anche rincalzatori, che mediante la disgregazione del margine del solco e/o il recupero del terreno appena smosso dall'assolcatore provvedendo a coprire il solco (Fig. 20).



Fig. 20 – In questa seminatrice a righe, dopo l'assolcatore a doppio disco segue un piccolo disco convesso in metallo che effettua una prima chiusura del solco seguita da una ruota con profilo gommato munita di elemento raschia fango.

Questi utensili, di forma variabile, sono in genere collegati ai supporti delle ruote chiudi solco e possono essere utili in terreni tenaci, quando il contenuto d'acqua è elevato.

Spesso un unico dispositivo realizza entrambe le funzioni e può essere costituito da un unico ruotino a profilo conico, qualora equipaggi elementi per la semina a righe, o da due ruote opposte e inclinate in modo da comprimere i bordi del suolo, sia nella semina a righe che in quella di precisione.

Aspetto fondamentale è la regolazione del carico (attuato mediante una molla), dell'angolo e della posizione delle ruote. In particolare alcuni dispositivi muniti di ruote dentate consentono di modificare la distanza fra le ruote inserendo un apposito distanziatore.

Un'altra soluzione interessante prevede la disposizione delle ruote su un bilanciere in modo che operino sui rispettivi bordi del solco in tempi successivi.

Le ruote chiudi solco devono quindi esercitare sul suolo una notevole forza di disgregazione dei margini del solco e di compressione dello stesso.





## CAPITOLO III – GLI EFFETTI DELLE LAVORAZIONI

### 3.1 Carbonio organico

A livello bibliografico molti autori sono concordi nell'affermare che con l'adozione di tecniche di lavorazione riconducibili all'AC il suolo può aumentare il suo contributo come sink di carbonio, aiutando a bilanciare le emissioni da fonti fossili e mitigando il cambiamento climatico (Regione Lombardia, 2013).

Tale aspetto è stato recentemente appoggiato anche a livello europeo in un rapporto diramato dalla stessa Commissione Europea (Stolbovoy et al., 2007) e, se associate ad altre pratiche virtuose (es. colture energetiche, gestione superfici a prato, ecc), potrebbe aiutare a sequestrare tra le 50 e 100 milioni di tonnellate di carbonio l'anno nei suoli europei (European Commission, 2008).

I risultati di sperimentazioni condotte in diversi siti a livello mondiale, dimostrano anche l'efficacia di tali tecniche nel mantenere o nel migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dei suoli. È stato osservato che la non lavorazione può aiutare a preservare il contenuto idrico del suolo per l'accumulo di residui in superficie grazie alla minor evaporazione dovuta a una temperatura del suolo più bassa (Kern and Johnson, 1993; Lal and Kimble, 1997; Ball et al., 1999; Curtin et al., 2000; Al Kaisi and Yin, 2005). Inoltre, la minore alterazione dello strato di aggregazione naturale del suolo, dovuta a questo tipo di pratiche agronomiche, porta a una diminuzione della velocità dei processi di ossidazione della sostanza organica, determinando un processo di mantenimento della fertilità, in particolare negli strati più superficiali (Daraghmeh et al., 2009).

La concomitante presenza dei residui colturali in superficie aiuta a contenere il processo di mineralizzazione, anche laddove un interrimento dei residui nella lavorazione convenzionale aumenti notevolmente la superficie di contatto tra suolo e residuo colturale, con conseguente incremento della cinetica dei processi ossidativi, anche in presenza di notevoli apporti di sostanza organica (Ball et al., 1999).

Secondo indagini sperimentali condotte dalla Regione Lombardia (Regione Lombardia, 2013) sulla presenza di carbonio organico nello strato 0-200 cm di terreni a seminativo, è emerso che il contributo più elevato è dato dagli orizzonti superficiali (44 % circa nei

primi 30 cm), dove avviene l'incorporazione della materia organica proveniente dalla decomposizione dei residui vegetali; invece oltre un metro di profondità è contenuto meno del 20 % del carbonio totale (Tab. 12; Fig. 21).

Stock CO	0-30 cm	0-50 cm	0-100 cm	0-150 cm	0-200 cm
Totale (Mt)	123,8	168,7	224,4	256,9	278,7
Unitario (t/ha)	66,7	90,9	120,9	138,3	150,1

Tab. 12 – Stock di carbonio dei suoli riferito a diversi spessori (Regione Lombardia 2013).

### Ripartizione del contenuto di CO (%) al variare della profondità

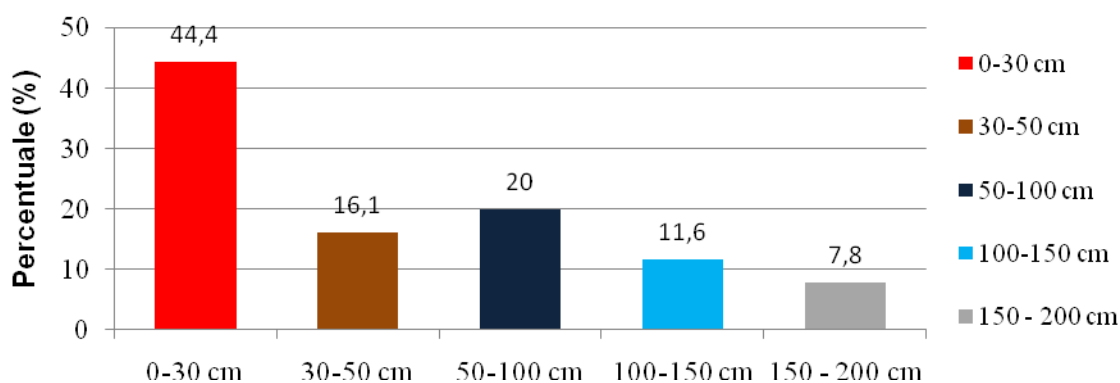


Fig. 21 – Ripartizione del contenuto di carbonio organico al variare della profondità. (Regione Lombardia, 2013)

Tuttavia, anche la destinazione d'uso del suolo stesso riveste un ruolo di primaria importanza, infatti, superfici con una destinazione d'uso non-agricola presentano un quantitativo di carbonio organico assai variabile a seconda della tipologia stessa.

Rilevazioni condotte in territorio lombardo hanno evidenziato che gli stock più elevati si ritrovano nei boschi di conifere (85,5 t/ha) e nei prati di alta quota (80,2 t/ha), mentre, come atteso, i valori più bassi caratterizzano le superfici coltivate (56,0 t/ha). Il valore più alto in assoluto (230,2 t/ha) di stock di carbonio organico, si rileva in corrispondenza di praterie acquitrinose caratterizzate da depositi più o meno potenti di torba e di sfagni (torbiere), dove sono presenti suoli organici.



Uso del suolo	Stock CO_0-30 cm (t/ha)
Aree umide (torbiere)	230,2
Boschi di conifere	85,5
Praterie naturali di alta quota	80,2
Boschi di latifoglie e misti	75,6
Aree umide (escluso torbiere)	69,5
Prati stabili	68,7
Seminativi	56,0

Tab. 13 – Stock di carbonio dei suoli riferito a diverse destinazioni d’uso (Regione Lombardia 2013)

Sperimentazioni condotte dalla Regione Lombardia, nonostante siano state applicate da un periodo di tempo ancora relativamente breve (3 anni) e in presenza di suoli con alta variabilità, hanno dimostrato che le trasformazioni indotte negli equilibri della sostanza organica dal cambiamento delle pratiche gestionali possono esprimersi già nel breve periodo.

Le osservazioni in questione (Tab. 14) hanno visto un aumento del carbonio organico nei primi 30 cm di suolo (+ 3,6 t/ha), particolarmente rilevante per i siti gestiti a regime sodivo nello strato superficiale 0-10 cm (+4,9 t/ha) e per i siti condotti con tecniche di minima lavorazione nello strato 20-30 (+2,1 t/ha).

Categoria	$\Delta$ Stock CO $\pm$ E.S. Periodo 2009/2012 (t/ha) – Analisi Dumas		
	0-30	0-10	20-30
Generale	3,6 $\pm$ 2,8	2,4 $\pm$ 1,4	-0,2 $\pm$ 1,6
Semina su sodo	3,0 $\pm$ 6,0	4,9 $\pm$ 1,3	-2,5 $\pm$ 2,4
Minima lavorazione	4,1 $\pm$ 1,8	-0,1 $\pm$ 1,4	2,1 $\pm$ 1,3

Tab. 14 – Variazione media di stock di carbonio organico (2009-2012) – Regione Lombardia.

In merito ai dati riportati, si segnala inoltre che lo stock di carbonio organico, qui espresso a volume costante (strato 30 cm) è risultato fortemente influenzato dalle variazioni delle densità apparente e dalle forti variabilità dei suoli già presenti al

momento del primo campionamento. In particolare, è interessante osservare che nei terreni gestiti a regime sodivo l'aumento di compattamento superficiale (e quindi maggiore densità) è stato accompagnato da un aumento del contenuto di carbonio, mentre nei terreni lavorati con tecniche di minima lavorazione, dove questa situazione non si è verificata nella gran parte dei siti, si è notato un maggior contenuto di carbonio negli strati sottosuperficiali. Pertanto quest'ultimo processo potrebbe indicare che tali lavorazioni abbiano incorporato a profondità maggiori i residui colturali organici.

Lo stock di carbonio organico può rappresentare quindi un efficace indicatore dell'impatto delle modalità di gestione del suolo e l'AC è da considerarsi una tecnica adatta a stimolare la naturale vitalità dei suoli così da innalzarne il contenuto di carbonio organico (Basch et al., 2012; Reicosky et al., 2003). Tuttavia, la diversa condizione pedoclimatica da una parte, l'agrotecnica dall'altra, hanno un ruolo determinante nella costituzione dello stock di carbonio organico presente e futuro (Sleutel et al., 2006; Kucharik et al., 2001).

Attraverso l'utilizzo di modelli previsionali, si è arrivati a stimare che possa esistere un potenziale teorico di 30 milioni di tonnellate di carbonio (corrispondente a circa 110 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente) incorporabile nei suoli agricoli (Fig. 22).

Si tratta di un quantitativo apparentemente modesto, ma che in realtà può avere una importanza non trascurabile per le politiche di mitigazione delle emissioni di gas serra e, ancor più, di adattamento al cambiamento climatico.

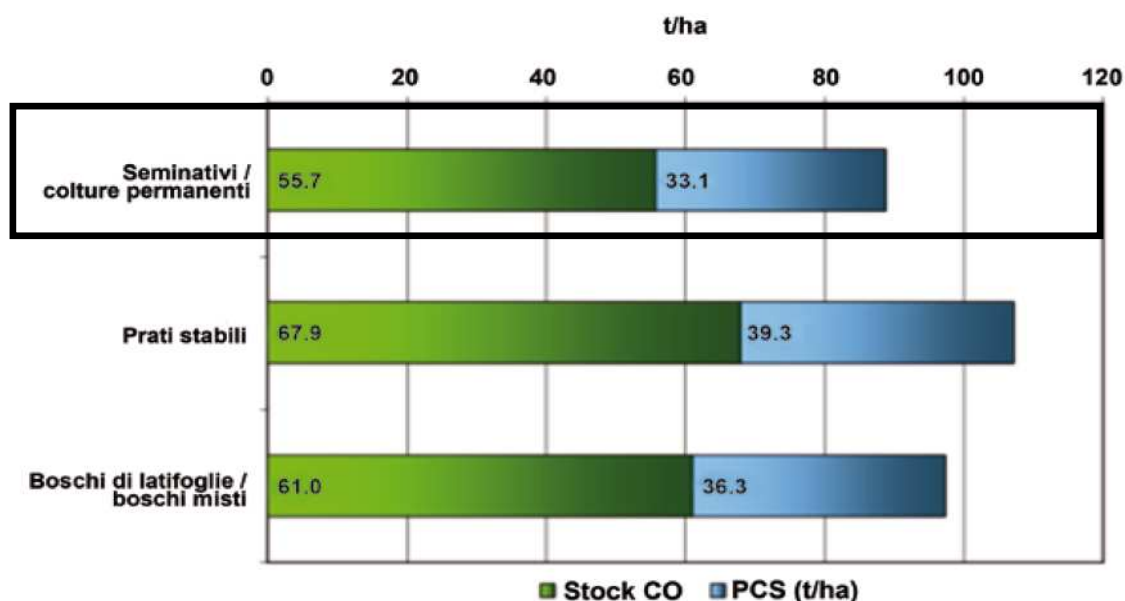


Fig. 22 – Stock di carbonio organico medio (in verde) e stock teoricamente sequestrabile (in azzurro) nei suoli di pianura in funzione dell'uso del suolo (valori unitari in t/ha).

### 3.3 Erosione e lisciviazione

Con il termine erosione si fa riferimento al fenomeno di distacco, trasporto e sedimentazione delle particelle di suolo ad opera di agenti atmosferici (erosione eolica ed idrica).

I fenomeni erosivi avvengono naturalmente in tutti i suoli del mondo, ma ciò che preoccupa è l'entità con cui questi si verificano nei suoli a seminativo, rispetto a quanto rilevato nei suoli naturali (Uri et al., 1999).

Secondo ricerche condotte a livello europeo, la perdita annuale di suolo nelle zone agricole europee si aggira attorno alle 17 t/ha/anno. Un valore estremamente elevato rispetto al tasso con cui lo stesso suolo si forma (circa 1 t/ha/anno) ma se si include anche la perdita riferita a singoli eventi temporaleschi si può arrivare anche a 20-40 t/ha (Soane et al.,2012).

Studi al riguardo hanno evidenziato che vi è una correlazione tra la tipologia di lavorazione del terreno e il rischio di erosione. L'entità del rischio, infatti, aumenta avvalendosi di una continua inversione degli strati in particolare su terreni scarsamente dotati di sostanza organica (Soane et al.,2012).

Valori derivati da diverse osservazioni su terreni gestiti in modo convenzionale, sono stati di 270 mm/anno e 580 mm/anno, rispettivamente in Scandinavia e Norvegia, dove nell'ultimo caso si è arrivato a toccare il picco di 1000 mm/anno in terreni (registrato su terreno a tessitura argillosa) mentre mediante una gestione conservativa del terreno si è assistito ad una riduzione del 79% delle particelle erose (Soane et al.,2012).

Prove a sostegno della riduzione del livello di run-off con la semina su sodo rispetto alle tradizionali lavorazioni sono state citate da Soane (Soane et al. 2012) in due siti tedeschi particolarmente sensibili a fenomeni erosivi nel periodo di tempo compreso tra aprile e luglio. La costante presenza di residui colturali in superficie abbassa di molto la probabilità di formazione di crosta superficiale e limita i danni erosione sia idrica (run-off) che eolica (Kassam et al., 2012).

A livello italiano, sperimentazioni condotte su terreni argillosi situati vicino a Pisa (PI), hanno evidenziato che la quota media di run-off annuale (media di due anni) è stata di 94 mm/anno adottando tecniche di lavorazione convenzionali basate sull'aratura mentre utilizzando tecniche di non lavorazione del terreno si è registrato un valore medio di 57

mm/anno corrispondenti ad una perdita complessiva di suolo rispettivamente di 28 t/ha e 3 t/ha (Soane et al., 2012).

Controllare il run-off ha un ruolo importante anche nella riduzione della quota di nitrati che potenzialmente può essere persa per lisciviazione, oltre a quei composti azotati che legandosi alle particelle terrose possono, assieme a queste, venire liscivate.

Una diretta correlazione tra le tecniche di AC e lisciviazione dei nitrati non è univoca ma l'influenza delle lavorazioni del terreno sulla lisciviazione dei nitrati nelle acque sotterranee risulta essere attendibile in quanto intervengono direttamente sulle condizioni fisico-strutturali e sulle proprietà chimiche e biologiche del suolo.

La possibilità di rendere più ecocompatibili le agrotecniche riducendo la loro profondità e l'intensità di lavoro può contribuire a limitare le perdite di azoto dal terreno oltre a consentire notevoli risparmi energetici ed economici (Baker, 2003).

Tuttavia, il possibile beneficio derivante dall'utilizzo di tecniche conservative per frenare la lisciviazione dei nitrati, è stato in più occasioni messo in discussione (Waddel and Weil, 2006; Endale et al., 2002; Di and Cameron, 2002).

Secondo alcune sperimentazioni, nel lungo periodo, la minore macroporosità che si riscontra nei terreni lavorati con tecniche conservative rappresenta tutt'altro che un reale vantaggio per il contenimento della lisciviazione in quanto porta alla formazione di vie preferenziali per lo scorrimento dei nitrati verso la falda rispetto ad un terreno lavorato in modo convenzionale con aratura annuale (Catt et al., 2000; Shipitalo et al., 2000). Con altre sperimentazioni si è constatato che il quantitativo di acque liscivate, soprattutto dopo abbondanti precipitazioni è maggiore in ambito conservativo rispetto alla agrotecnica convenzionale, probabilmente a causa della limitata evapotraspirazione (Oorts et al., 2007), ma ciò nonostante la concentrazione di nitrati in falda è risultata essere maggiore nella lavorazione convenzionale (Kanwar and Bakhsh, 2001) arrivando a far registrare anche valori fino al 50% maggiori rispetto al sodo (Laird et al., 2003).

Molti altri autori riconoscono un effetto positivo derivante dalle tecniche conservative ma non in maniera univoca (Mkhabela et al., 2008). Per questo, in altre sperimentazioni, per valutare l'entità del fenomeno di lisciviazione non si sono soffermati solamente sul confronto delle diverse lavorazioni ma hanno inserito nelle valutazioni anche altri aspetti come le precipitazioni (Bakhsh and Kanwar, 2007), interventi irrigui, il momento di esecuzione delle lavorazioni, l'avvicendamento con colture cover-crops, le caratteristiche pedologiche e le concimazioni.

Un'irrigazione controllata e un quantitativo mirato di azoto apportato con la concimazione può essere la chiave giusta per ridurre a monte il problema nitrati. Per arrivare a tali obiettivi occorre però una buona conoscenza del bilancio idrico e una precisa indicazione della richiesta di azoto da parte della coltura dopo aver considerato anche la disponibilità del terreno in esame (Fang et al., 2006).

Lavorazioni conservative come la semina su sodo (NT) unite ad un'attenta gestione della concimazione permetteranno poi nel lungo periodo di ridurre ulteriormente i quantitativi di fertilizzante necessario per la coltivazione (Abril et al., 2007) in quanto viene maggiormente trattenuto e reso disponibile un maggiore quantitativo di azoto dalla sostanza organica (Power and Peterson, 1998).

Ulteriore aspetto, correlato alle lavorazioni, è il periodo temporale in cui questa avviene. Posticipare il periodo della lavorazione primaria può ridurre il rischio di lisciviazione dei nitrati, probabilmente a causa dei tassi di mineralizzazione inferiori e ad un superiore assorbimento di azoto ricorrendo all'utilizzo di colture cover-crops come intercalari (Constantin et al., 2010; Stenberg et al., 1999).

L'utilizzo di colture cover-crops potrebbe quindi andare ad attenuare gli effetti negativi dell'aratura nella lavorazione convenzionale (Kranz and Kanwar, 2000) in quanto la presenza di una coltura a crescita attiva permetterà di limitare il ciclo dell'azoto e di conseguenza anche le possibili lisciviazioni di nitrati (Hansen et al., 2010).

### 3.4 Compattamento del terreno

Lo scopo principale delle tecniche di lavorazione del terreno è da sempre quello di portare alla formazione di un substrato ottimale per la coltivazione e quindi per il successivo accrescimento e lo sviluppo delle piante coltivate.

Il terreno rappresenta un equilibrio fra le fasi solide, liquide e aeriformi dove una corretta ripartizione tra queste parti risulta essere di fondamentale importanza per lo sviluppo della pianta.

Il traffico e l'azione delle macchine operatrici tendono ad addensare o modificarne la struttura, creando il così detto fenomeno di compattamento o costipamento (Pezzuolo A., Sartori L. 2012 a)

Il compattamento del suolo, indicativamente, interessa una superficie superiore ai 70 milioni di ettari coltivati nel mondo (Flowers and Lal, 1998) e le conseguenti variazioni delle caratteristiche di infiltrazione, nonché, del movimento stesso dell'acqua nel suolo, influiscono e condizionano le caratteristiche di macro e microporosità. Queste proprietà non sono regolate singolarmente, ma derivano dall'equilibrio creato nel sistema suolo sia a carico di proprietà fisiche che chimiche.

Parte del fenomeno del compattamento è da imputare anche alla tipologia di macchine operatrici con cui si opera sul terreno; l'azione che gli organi compiono varia a seconda dell'inclinazione che gli elementi che lavorano in terreno hanno e questo si ripercuote sulle forze che si esercitano ai danni del suolo (Gebresembet and Jonsson, 1992).

Le forze che vengono applicate al terreno sono in funzione, oltre che delle caratteristiche costruttive dell'attrezzo, della velocità di avanzamento con cui si effettua la lavorazione e della profondità a cui si opera lungo il profilo (Abernathy and Porterfield, 1969).

Il transito dei mezzi meccanici per le operazioni delle lavorazioni, provocano un effetto di diminuzione della macro e micro porosità, con conseguenze di riduzione della fertilità a causa di fenomeni di asfissia radicale e di ridotto contenuto idrico (Flowers and Lal, 1998); se questi fenomeni non vengono tenuti in debita considerazione è facile trovare ripercussioni al momento dello sviluppo della coltura successiva.

È importante quindi pianificare tutte le operazioni fin dal momento della raccolta, in previsione di lasciare delle condizioni ottimali per la coltura successiva; molto spesso, in tale ottica, è necessario andare a considerare se le condizioni del terreno consentano

l'intervento in campo oppure valutare, se è possibile, un'eventuale posticipo delle operazioni colturali.

Uno dei fattori utilizzati per determinare il grado di compattamento del terreno è il valore di densità apparente. Esso rappresenta il rapporto tra la massa totale del terreno e il suo volume totale. È importante perché il compattamento del terreno porta ad un aumento del valore di densità apparente e alla diminuzione del volume dei pori presenti nel terreno; creando così una riduzione della aerazione, della temperatura del suolo e a cambiamenti nei processi biologici (Logsdon e Douglas, 2004).

Una possibile soluzione, per attenuare l'insorgenza di tale fenomeno è dato dalle tecniche di minima o non lavorazione del terreno, le quali, oltre a limitare il transito dei mezzi sulla superficie di coltivazione limitando in modo diretto il numero di agrotecniche (Radford et al., 2007), cercano di esaltare le caratteristiche naturali di porosità e più in generale di cercare il giusto equilibrio fra le esigenze della pianta e la sua coltivazione.

L'utilizzo di tecnologie conservative ha dimostrato di portare a una maggiore macroporosità del suolo a causa della presenza di un numero più elevato di pori di trasmissione a forma allungata. Analogamente, anche la microporosità, all'interno degli aggregati, aumenta nel suolo lavorato con minima lavorazione.

In un singolo ciclo di coltivazione, si è visto che circa il 100% della superficie adibita alla coltivazione è sottoposta alla pressione da parte dei pneumatici nel caso di una gestione convenzionale, mentre si passa ad un calpestamento pari al 60% se si opera con minima lavorazione per arrivare al 30% nel caso di tecniche di non lavorazione (Tullberg 1990).

Tebrugge (Tebrugge, 1999) e Jin (Jin et.al 2007) rilevano che importanti valori di densità apparente possono verificarsi negli strati superficiali del terreno a seguito dell'adozione di tecniche di non lavorazione, in particolare nei primi anni di adozione. Negli strati sub-superficiali si osserva però una riduzione che dimostra come tali tecniche, siano in grado di evitare maggiormente il compattamento del terreno. Le tecniche convenzionali, invece, permettono di ottenere valori molto bassi in superficie, ma, a causa dell'aratura la condizioni diviene più gravosa a profondità di 25-35 cm. Questo aumento della densità e del compattamento del terreno negli strati più profondi, da parte delle tecniche convenzionali, viene evidenziato nella figura sottostante che riporta i valori di resistenza alla penetrazione potenziali in una gestione conservativa e convenzionale del terreno (Fig. 23).

Anche il momento d'intervento risulta essere di fondamentale importanza, in quanto il primo passaggio sul terreno è quello che maggiormente compromette la struttura aumentandone il compattamento (Alakukku, 1996); se oltre a questo si va ad operare in condizione di elevata umidità del terreno, il fenomeno risulta essere ancor più accentuato in seguito alla mancanza di portanza da parte del terreno nei confronti delle macchine operatrici, soprattutto su terreni con bassa strutturalità (Kirby and Kirchoff, 1990).

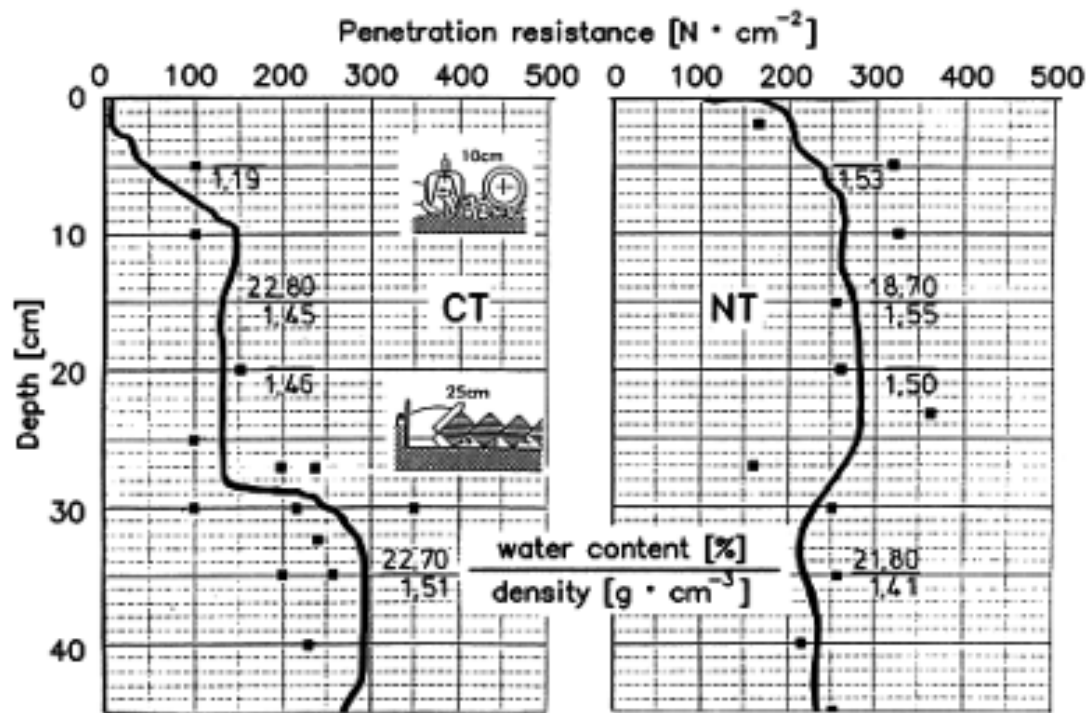


Fig. 23 – Effetto della metodologia di lavorazione del terreno su resistenza alla penetrazione, contenuto idrico, densità apparente



## CAPITOLO IV – AGRICOLTURA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

### 4.1 Cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici rappresentano una delle più gravi minacce a livello globale per lo sviluppo sostenibile con impatti su ambiente, sicurezza alimentare ed attività economiche (IPCC, 2001).

Nell'ultimo secolo, le temperature medie europee sono aumentate di 0,95 °C e, secondo le previsioni, potrebbero aumentare di 2-6°C nel corso dei prossimi cento anni identificando, tra le cause principali le elevate emissioni di CO<sub>2</sub>, uno dei gas ed effetto serra (*GreenHouse Gas*, GHG) con la concentrazione più elevata nell'atmosfera.

I gas serra, infatti, contribuiscono ad assorbire l'energia termica irradiata dalla terra e a trattenerla in parte nell'atmosfera (da qui la terminologia effetto serra) producendo una variazione climatica che sta caratterizzando gli ultimi decenni.

Le attività umane influenzano direttamente le concentrazioni atmosferiche di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) e clorofluorocarburi (CFC). Questi ultimi, responsabili tra l'altro della distruzione dello strato di ozono in stratosfera, sono stati regolati dal protocollo di Montreal (1987) che ne ha imposto un utilizzo sempre minore fino al bando definitivo nel 2030 (Velders *et al.*, 2007).

I GHG largamente emessi dal comparto agricolo sono CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (Pettenella *et al.*, 2010). Di questi la sola CO<sub>2</sub> è responsabile per oltre il 60% dell'incremento osservato dell'effetto serra e nei Paesi industrializzati costituisce oltre l'80% di tutte le emissioni di GHG. Il biossido di carbonio è quindi il principale componente gassoso del ciclo del carbonio che ogni anno scambia per vie naturali centinaia di miliardi di tonnellate di carbonio fra atmosfera, oceani, suoli e vegetazione terrestre.

Dall'inizio dell'era industriale ad oggi, infatti, la concentrazione di CO<sub>2</sub> è passata da 280 a 395 parti per milione (ppm) e il tasso attuale di incremento è superiore a 3 Pg di C all'anno (3 miliardi di t/anno) (Prentice *et al.* 2001).

In figura 24 sono riportate le variazioni del trend della concentrazione di CO<sub>2</sub> derivanti da sei stazioni di monitoraggio dislocate a livello mondiale nei due emisferi che rilevano in modo attivo dal 1956. Secondo stime, tra il 1850 e il 1990, le attività

antropiche sembrano aver prodotto un quantitativo di emissioni pari a circa  $270 \pm 30$  Pg di C e, contemporaneamente, i cambiamenti di uso del suolo hanno generato flussi di circa  $136 \pm 55$  Pg di C (Houghton, 1999). Lo stesso incremento della concentrazione di altri gas serra (metano, protossido di azoto) sembra aver causato un parallelo aumento della temperatura di quasi  $0,2$  °C/decade (IPCC 2001).

Un ulteriore aspetto di fondamentale importanza è che i cambiamenti climatici in atto contribuiscono in modo inevitabile a influenzare le attività di sequestro e di emissione di carbonio degli ecosistemi terrestri. Nel bilancio complessivo gli ecosistemi terrestri mostrano un sink annuo di carbonio pari a  $2-2,5$  Pg contro i circa  $6,5$  Pg di emissioni dovute direttamente/indirettamente alle attività antropiche (Grace, 2004). Gli ecosistemi vegetali, trasferendo al suolo  $60$  dei  $120$  Pg di carbonio fissati con la fotosintesi rivestono quindi un importante ruolo nell'ambito delle potenzialità dell'agricoltura nei confronti di tale problematica.

L'aumento delle concentrazioni di  $\text{CO}_2$  conseguenti all'utilizzo di enormi quantità di combustibili fossili a fini energetici vengono ulteriormente amplificate anche a livello agricolo. L'applicazione di agrotecniche e tecniche di gestione altamente intensive ed energivore fa perdere ingenti quantità di carbonio sotto forma di  $\text{CO}_2$ . Quest'ultimo rimane in atmosfera dai  $50$  ai  $200$  anni prima di essere trasformato o catturato ritornando alla terra o agli oceani (fissazione foto sintetica)

Il secondo gas a effetto serra in ordine di importanza è il metano ( $\text{CH}_4$ ) che è originato principalmente dai batteri che si nutrono di sostanze organiche in condizioni di carenza di ossigeno e viene rilasciato da varie fonti di origine sia naturale che antropica.

Fra le fonti di origine umana si possono individuare l'attività mineraria e le discariche e dal punto di vista agricolo l'allevamento di bestiame (ruminanti e processi legati agli effluenti zootecnici) e la coltivazione del riso. Dall'inizio della rivoluzione industriale, le concentrazioni di metano nell'atmosfera sono raddoppiate. Il metano ha un'efficienza di  $23$  volte superiore a quella del  $\text{CO}_2$  nel catturare il calore emesso dalla terra e quindi nel contribuire al riscaldamento dell'atmosfera (Global Warming Potential – GWP).

Infine, il terzo più importante gas-serra è il protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e presenta un potenziale di riscaldamento di  $310$  volte superiore rispetto al  $\text{CO}_2$ . Emesso naturalmente dagli oceani, dalle foreste pluviali e dai batteri edafici, le fonti ascrivibili alle attività umane comprendono l'uso dei fertilizzanti azotati, combustibili fossili, la produzione di prodotti chimico-industriali con uso di azoto e il trattamento dei liquami.

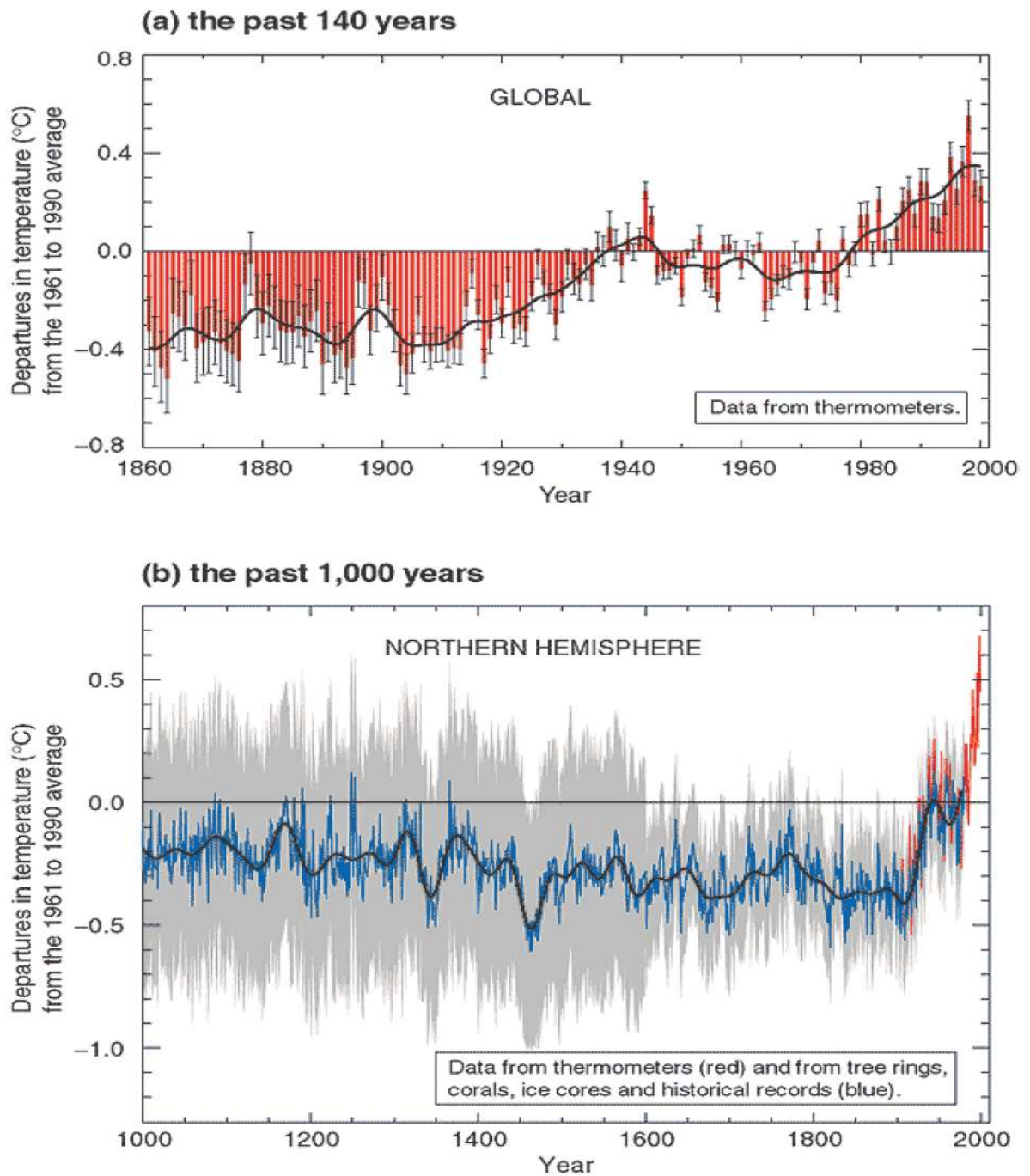


Fig. 24 – Variazione della temperatura media della superficie terrestre negli ultimi 140 anni (grafico a) e nell'ultimo millennio (grafico b).

I dati riguardanti l'elaborazione più recente provengono da registrazioni dirette effettuate mediante termometri e si riferiscono a valori medi globali, mentre i valori di partenza per l'elaborazione negli ultimi 1000 anni sono stati ottenuti indirettamente da fonti come ampiezza degli anelli legnosi o carote di ghiaccio (linea blu) o misurazioni con termometri (linea rossa) e si riferiscono all'emisfero settentrionale.

Fonte IPCC 2001.

#### 4.1.1 Il Protocollo di Kyoto

Il Protocollo di Kyoto, firmato nel 1997 da 184 paesi nell'ambito della Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico delle Nazioni Unite (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) e ratificato dallo Stato Italiano nel giugno 2002, è entrato in vigore il 16 febbraio 2005 al raggiungimento della soglia minima di nazioni prevista, consistente in un numero di Paesi che emettessero complessivamente almeno il 55% dei gas a effetto serra (Regione Lombardia, 2013).

Il Protocollo fissa un impegno globale dei Paesi industrializzati e dei Paesi a economia in transizione per la riduzione delle emissioni di gas serra del 5,2% rispetto ai livelli di del 1990, da conseguirsi entro il quinquennio 2008-2012.

L'Unione Europea ha inizialmente assunto un impegno di riduzione media pari all'8% (Italia 6,5%). Altri Paesi hanno fissato quote diverse, mentre per alcuni, come Malta e Cipro, non sono stati definiti gli impegni di riduzione delle emissioni.

Il parlamento europeo, nell'ambito del cosiddetto “Pacchetto 20-20-20”, noto anche come *Climate-energy Package* (approvato nel 2008), ha tuttavia individuato quale obiettivo strategico al 2020 per la politica energetica europea, la riduzione di almeno il 20% delle emissioni dei gas a effetto serra (rispetto ai livelli registrati nel 1990), l'aumento dell'efficienza energetica al fine di ridurre i consumi del 20% e l'introduzione di una quota del 20% di energie rinnovabili sui consumi totali.

Inoltre l'UE, anche in seguito alla determinazione espressa dal Consiglio europeo a mantenere gli obiettivi già fissati e a considerare centrale il ruolo dell'Europa nella lotta ai cambiamenti climatici, si sta impegnando nel raggiungimento di un accordo globale post-2012 coerente con l'obiettivo di contenere l'innalzamento globale della temperatura del pianeta entro 2°C al 2050, secondo quanto previsto dalla Conferenza di Bali del 2007 (Regione Lombardia, 2013).

Secondo i meccanismi previsti dal Protocollo di Kyoto la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra può essere ottenuta, sia agendo direttamente sulle sorgenti inquinanti, sia compensandole attraverso l'incorporazione stabile di CO<sub>2</sub> in organismi e sistemi naturali in grado di sequestrarla stabilmente. Esiste inoltre, per i Paesi aderenti, la possibilità di servirsi di sistemi flessibili per l'acquisto di crediti di emissioni come il Clean Development Mechanism (CDM), il Joint Implementation (JI) e l'Emission Trading (ET) (Regione Lombardia, 2013).

Il primo consente ai Paesi eccedenti la quota di CO<sub>2</sub> equivalente di realizzare progetti nei Paesi in via di sviluppo, che producano benefici ambientali di riduzione delle emissioni di gas-serra e di sviluppo economico e sociale e che nello stesso tempo generino crediti di emissione (CER).

Il Joint Implementation permette invece ai Paesi industrializzati e a economia in transizione di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas-serra in un altro Paese dello stesso gruppo e di utilizzare i crediti derivanti, congiuntamente con il Paese ospite (ERU – Emission Reduction Units – indicano certificati di emissione derivanti dalla realizzazione di progetti Joint Implementation tra due Paesi industrializzati).

L'Emission Trading infine consente lo scambio di crediti di emissione tra Paesi industrializzati e a economia in transizione tra un Paese con crediti superiori al proprio fabbisogno e un Paese che non riesce a ridurre le proprie emissioni.

Gli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto contengono disposizioni relative a cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura (Land Use and Land Use Change and Forestry – LULUCF) come azioni degli stati firmatari per raggiungere gli obiettivi sottoscritti e contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso un contenimento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Nell'articolo 3.3 sono individuate pratiche legate alla gestione dei boschi come l'afforestazione (un imboschimento di terreno che precedentemente ha avuto un'altra destinazione d'uso), la riforestazione (rimboschimento) e la deforestazione. Nell'articolo 3.4 sono elencate le attività antropiche supplementari che comportano rilascio o incorporamento di carbonio nei terreni agricoli o forestali e che possono rientrare nella contabilità delle emissioni antropogeniche e degli assorbimenti di gas ad effetto serra (GHG) da parte del terreno. Di queste quelle ammesse riguardano gli interventi sulla gestione forestale, sulla gestione dei terreni coltivati, sulla gestione dei pascoli e del territorio attraverso la rivegetazione.

Le variazioni di stock di carbonio e le emissioni di gas serra relative alle attività LULUCF, ai sensi dell'articolo 3, paragrafi 3 e 4, devono essere riportate per ogni anno del periodo di impegno, a cominciare con l'inizio del periodo di impegno, o con l'inizio dell'attività. Quando un'attività LULUCF ai sensi degli articoli 3.3 e 3.4 si traduce in una riduzione di emissioni di GHG questa porta a una ReMoval Units (RMU) che diventa a sua volta un credito di carbonio. Per tutti i Paesi è fissata una quota massima di rimozione, che per l'Italia corrisponde a un quantitativo di assorbimento da parte delle foreste o di terreni agricoli pari a 2,78 Mt C/anno (UNFCCC, 2007).

La possibilità di far rientrare nel computo LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) il carbonio stoccato nei suoli (quindi la quantità di CO<sub>2</sub> equivalenti non emesse) derivante all'applicazione delle tecniche conservative non è più così remota dal momento che l'Italia a partire dal 2008, utilizza i crediti di carbonio generati dal settore forestale per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

Nel frattempo, in assenza di strumenti di conteggio e remunerazione sono stati creati meccanismi di mercato volontario, caratterizzati dalla vendita dei titoli di carbonio, provenienti da pratiche agro-forestali, a soggetti esterni che li utilizzano o per compensazione delle loro emissioni o per volontà di contribuire alla riduzione delle emissioni complessive attraverso azioni di sostegno alle attività di carbon sequestration. Esperienze simili sono già ben avanzate in Australia (es. Carbon Farming Initiative) e in Canada (Alberta Carbon Offset System) e potrebbero ben applicarsi alla realtà Italiana che vede negli ultimi anni l'applicazione di misure agro ambientali che garantiscono un finanziamento di 5 anni verso gli agricoltori che convertono le proprie tecniche di coltivazione da convenzionali a conservative (Regione Lombardia, 2013).

Il finanziamento ha lo scopo di ridurre i costi di conversione, che le aziende devono sostenere, legati al cambio dei macchinari, alla formazione dell'agricoltore e alle possibili minori produzioni che si possono registrare nei primi anni ma, dopo il quinto anno lo stock acquisito, se verificato da un ente certificatore, potrebbe rientrare nei crediti di emissione provenienti da progetti volontari che sono conosciuti come Voluntary Emissions Reductions (VER) o più semplicemente Emission Reduction (ER) (Regione Lombardia, 2013).

## 4.2 Interazione agricoltura e cambiamenti climatici

Il settore agricolo vede l'impiego di superfici coltivabili a colture annuali, permanenti e arboree pari al 40-50% di tutta la superficie mondiale. È evidente quindi come il peso specifico di tale comparto produttivo, nel contesto del cambiamento climatico e delle emissioni di gas serra sia, oltre che decisamente importante, anche molto articolato.

In termini di emissioni il contributo del comparto agricolo a livello globale è di circa il 14% ed è generato prevalentemente dalla CO<sub>2</sub>, i cui processi di immissione sono innumerevoli (Smith et al, 2007), ma anche dal protossido di azoto, fortemente legato a gestioni intensive dei suoli agricoli e dal metano, proveniente principalmente da reflui zootecnici e risaie.

Non solo CO<sub>2</sub> quindi ma anche altri gas climalteranti richiedono appropriate strategie di controllo, in quanto, le emissioni di metano e protossido di azoto sono cresciute di più del 17% in un periodo temporale relativamente breve (1990-2005) arrivando rispettivamente a valori di 3,3 GtCO<sub>2</sub> eq/anno e 2,8 GtCO<sub>2</sub> eq/anno. Tale aumento corrisponde a un tasso di incremento annuale medio di circa 60 Mt di CO<sub>2</sub> eq/anno (ISPRA, 2011) e tali gas rappresentano rispettivamente circa il 19% e il 6% dell'effetto serra di derivazione antropica (IPCC, 2011).

L'adozione di strategie d'azione per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici non si devono limitare alla sola finalità di riduzione dei flussi di gas GHG ma devono essere in grado di coinvolgere anche tecniche di gestione in grado di sequestrare e trattenere questi gas serra.

In questo contesto il settore agro-forestale italiano si pone come un elemento virtuoso poiché, senza considerare il potenziale di assorbimento derivante dalla gestione dei suoli agricoli e dei prati-pascoli (attualmente non contabilizzabile per gli obiettivi posti nel Protocollo di Kyoto), produce un saldo negativo di CO<sub>2</sub> (assorbimento pari a 34 Mt).

È dimostrato, infatti, che nel medio – lungo periodo la forma più efficiente di adattamento al cambiamento climatico è rappresentata dalla razionale gestione della biosfera in generale e del comparto agricolo in particolare: con l'adozione di pratiche agronomiche opportune, il comparto agricolo è potenzialmente in grado di ridurre le proprie emissioni con costi minori rispetto agli altri settori, aumentare il sequestro del carbonio e mitigare le emissioni di altri gas serra come il protossido di azoto e il metano che provengono in larga misura dalle coltivazioni stesse (IPCC, 2001).

Da un'analisi su scala globale dello stato delle superfici agricole, emerge che l'agricoltura condotta con metodi agronomici convenzionali è la principale responsabile della degradazione dei suoli e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Esperimenti ventennali condotti negli USA da Dick e Durkalski. (Dick e Durkalski, 1997), in Germania da Tebrügge e Düring (Tebrügge e Düring, 1999) e in Russia da Botch (Botch et al. 1995) dimostrano che l'aratura può arrivare a depauperare anche il 10-30% di carbonio edifico. Si ricorda che il pool di carbonio stoccato nei suoli (nei primi 100 cm di profondità), è particolarmente importante perché è il secondo, per grandezza, dopo quello oceanico: con 2500 Gt (di cui 1550 sotto forma organica) è 3,3 volte più grande di quello atmosferico e 4,5 volte maggiore di quello di origine biotica (Lal, 2006).

Per interrompere e invertire il processo di degradazione dei suoli accumulando carbonio, anche in terreni fortemente depauperati, occorre adottare opportune pratiche razionali di gestione e l'applicazione dell'AC permette di favorire una riduzione delle emissioni di questi gas (Parkin e Kaspar, 2006) e altri GHG (Robertson et al., 2000).

Il passaggio da sistemi naturali a sistemi coltivati produce perdite particolarmente rapide e intense tanto che mediamente il 30% del carbonio dei primi 100 cm di suolo viene perduto nei primi 30-50 anni (Post e Kwon, 1999). Tuttavia, il possibile passaggio da un sistema colturale con tecniche di lavorazione convenzionale del terreno ai principi dell'AC basati sulla semina su sodo, permetterebbe di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera di 30-35 kg/ha/anno determinando molteplici vantaggi.

Innanzitutto influirebbe positivamente sul contenuto di SOM (Soil Organic Matter), universalmente riconosciuto come principale indicatore della qualità del suolo, in virtù della attività biologica che ne scaturisce dalla frazione organica (processi di sintesi e degradazione ad opera di mesofauna, microfauna e microflora edafiche, reazioni biochimiche che contribuiscono in modo determinante alla fertilità fisica e chimica). Inoltre l'aumento di SOM influenzerebbe positivamente la stabilità degli aggregati e questa, a sua volta, la capacità di infiltrazione dell'acqua, la disponibilità di nutrienti e la resistenza a fenomeni di involuzione della fertilità (erosione idrica, eolica). In tal modo, un suolo ricco di SOM permette alle colture di resistere meglio ai periodi siccitosi e riduce i rischi di desertificazione.

Lal (Lal, 2004) ha stimato che i suoli coltivati sono potenzialmente in grado di accumulare 0,4 – 0,8 Pg di carbonio annuo se vengono applicate in modo continuativo tecniche di gestione integrate che si basino sull'adozione di lavorazioni conservative



quali la semina su sodo, il rispetto di una rotazioni colturali e l'utilizzo di colture di copertura.

A livello europeo, Smith (Smith et al. 1998) stima un potenziale di 23 TgC/anno sequestrabili con l'adozione di pratiche conservative e una riduzione di 3,2 TgC/anno di emissioni da combustibili in meno a cui si aggiungono anche minori usure delle attrezzature, consumi di lubrificanti, pneumatici ecc.

Risultati positivi sono stati rilevati in terreni sia argillo-limosi (entisuoli) che argillosi (vertisuoli) nel sud-ovest della Spagna (su rotazioni cereale a paglia – girasole – leguminose). L'esperimento ventennale (1985-2006) di Hernanz (Hernanz et al. 2009) su *Triticum aestivum* in rotazione con *Vicia sativa* e *Pisum sativum* in vertic luvisol dimostra che, dopo circa 10 anni di semina su sodo, il SOC si stabilizza ad un livello superiore del 14% rispetto a quello dei sistemi convenzionali.

Anche se i sistemi conservativi inducono un incremento nel contenuto di carbonio organico nel suolo, differenze emergono fra le varie tecniche di lavorazione applicabili (West e Post, 2002), infatti, le tecniche di non lavorazione del terreno riducono la velocità di ossidazione e la conseguente mineralizzazione della sostanza organica del terreno, favorite, invece, dalle lavorazioni (Nelson et al. 2009). Con l'accumulo dei residui vegetali che si trasformano lentamente, vi è un'inversione tra perdita e guadagno netto di carbonio nel suolo (West e Post, 2002).

Insieme ai residui colturali, la biomassa radicale e gli essudati radicali rilasciati nella rizosfera (composti carboniosi) rappresentano le fonti più importanti per la cattura di carbonio atmosferico da parte dell'ecosistema agrario pianta-suolo. Baker et al (2007) ha evidenziato come le rotazioni colturali in sistemi di AC favoriscano un accumulo di carbonio stimato in circa 11 t/ha dopo 9 anni.

Alcune sperimentazioni evidenziano l'importanza delle leguminose nella rotazione agronomica (intercropped o come cover crop) ipotizzando che i maggiori tassi di sequestro di carbonio riscontrati (5-8 Mg/ha contro 0,04-0,88 Mg/ha dei sistemi tradizionali) siano da attribuirsi all'attività della popolazione microbica che prolifera nella rizosfera delle leguminose (Chen et al., 2008).

Oltre al sequestro di carbonio devono essere considerati anche i flussi di altri importanti gas serra come il protossido di azoto ( $N_2O$ ) e il metano ( $CH_4$ ).

Gli effetti delle tecniche conservative sul rilascio di  $N_2O$  sono spesso controversi in quanto la produzione di protossido di azoto, da parte dei microrganismi del terreno, è un processo condizionato da molti fattori: pH, stadio di sviluppo della coltura, biomassa

microbica, contenuto di sostanza organica. Tuttavia, da un lato l'aumento dell'efficienza dell'azoto che tali tecniche comportano, grazie ad una maggiore diversificazione delle colture, all'introduzione di cover-crops e alla riduzione della fertilizzazione azotata, può portare alla riduzione delle emissioni di  $N_2O$  (Elmi et al., 2003, Eagle et al. 2010, Delgado et al. 2011).

Diversamente, altri autori (Baggs et al., 2003, Guzha, 2004 e Bhatia et al., 2010) riportano che l'incremento della densità apparente, che è usuale nell'applicazione delle tecniche conservative, può determinare una riduzione della macroporosità (specialmente nei suoli a tessitura fine) e un aumento del contenuto idrico che può andare a ridurre la diffusione dell'ossigeno e promuovere i processi anaerobici favorendo la produzione di  $N_2O$ .

Sperimentazioni condotte da Robertson (Robertson et al 2000) hanno permesso di misurare i flussi di gas in una rotazione (tipica dell'areale europeo) *Mais - Frumento-Soia* e l'emissione di  $N_2O$  nella semina su sodo è risultato essere maggiore del 7,7% rispetto alla lavorazione convenzionale.

Anche l'apporto di azoto minerale nel terreno (concimazioni) può contribuire direttamente alla formazione di  $N_2O$  come prodotto intermedio delle reazioni microbiche, tuttavia, gli input in azoto minerale partecipano anche alla formazione indiretta di  $N_2O$  in seguito alla lisciviazione o ruscellamento, o in seguito a perdite gassose e conseguente deposizione di  $N_2O$  e ammoniaca. La gestione conservativa, limitando le perdite da lisciviazione e ruscellamento, potenzialmente contribuisce indirettamente a frenare le emissioni di tale gas serra.

Una gestione mediante tecniche riconducibili all'AC tende a ridurre anche le emissioni di metano (Ceja-Navarro et al. 2010). Suoli compattati, destrutturati e con importanti anossie favoriscono l'attività dei batteri e la conseguente formazione di  $CH_4$ . In suoli con un corretto equilibrio tra macro e microporosità, per contro, l'ossidazione microbica di  $CH_4$  a  $CO_2$  prevale rispetto alla produzione di  $CH_4$  e conseguentemente queste tipologie di terreno divengono un *sink* per il metano atmosferico.

### 4.3 Interazione suolo e cambiamenti climatici

Secondo quanto stabilito dalla Strategia Tematica per la Protezione del Suolo attuata dalla Commissione Europea attraverso il 6° Programma Comunitario d'Azione in materia di ambiente (2002-2010) i cambiamenti climatici sono stati identificati come una minaccia che può interessare i suoli agricoli europei oltre ai già conosciuti fenomeni di erosione, riduzione del tenore di sostanza organica, compattamento e salinizzazione.

Tuttavia, considerata l'entità del carbonio nei suoli, la conservazione dello stesso al fine di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> può avere un ruolo rilevante sia nell'ambito del cambiamento climatico che per la fertilità del suolo stesso.

Dal punto di vista agronomico è importante ricordare che il carbonio organico gioca un ruolo vitale nella funzionalità degli agro-ecosistemi. Fissandosi nelle sostanze umiche funge da attivatore della fertilità del suolo influenzando positivamente le proprietà biologiche vegetali e i parametri del terreno (es. struttura, porosità, capacità di scambio cationico e capacità di ritenzione idrica).

Le potenzialità "ambientali" sono state riconosciute già nel 1997 attraverso il Protocollo di Kyoto definendo che la riduzione della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> può essere ottenuta tramite la diretta contrazione delle emissioni nei settori energetico - produttivi ma anche attraverso vere e proprie azioni di sequestro direttamente dall'atmosfera e, tra le varie strategie approvate, è stata segnalata la possibilità di poter utilizzare gli ecosistemi terrestri come "serbatoi" di stoccaggio del carbonio.

Per il ruolo rivestito nel ciclo della CO<sub>2</sub>, i suoli e la biomassa vegetale rivestono un'importanza fondamentale nel mitigare i cambiamenti climatici in quanto possono conservare il carbonio sequestrato dai vegetali mediante processo fotosintetico. Il suolo, che rappresenta la più grande riserva di carbonio organico degli ecosistemi terrestri, può agire infatti sia come fonte di emissione (source) che come serbatoio di cattura del carbonio (sink) a seconda delle condizioni pedoclimatiche e gestionali (Fig. 25).

Smith (Smith et al. 2008) nel quantificare la potenzialità mitigativa, ha stabilito che circa il 90% del potenziale totale di mitigazione dei gas serra in agricoltura deriva dal sequestro del carbonio nei suoli. Anche Lal (Lal, 2004) stima che a livello globale il potenziale sequestro di carbonio organico nei suoli possa essere compreso tra i 0,4 – 1,2 Pg C/anno pari al 5-15% delle emissioni globali da combustibili fossili.

Il rapporto suolo-atmosfera prevede un continuo scambio di carbonio (CO<sub>2</sub>) tanto che a un incremento nel sequestro del terreno di 1 Pg di carbonio equivale una riduzione nella concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> di 0,47 ppm e viceversa (Lal, 2006). L'importanza della componente suolo ai fini del sequestro di carbonio è dovuta ai tempi di permanenza del carbonio organico e all'elevata capacità di scambio con l'atmosfera.

Il carbonio, infatti, presente in forma più o meno stabile, subisce un processo ciclico di sequestro e remissione in atmosfera. I maggiori quantitativi di carbonio sono localizzati negli strati più superficiali in quanto sono più fortemente soggetti a processi di trasformazione mentre a maggior profondità risulta essere più stabile e meno suscettibile di trasformazione.

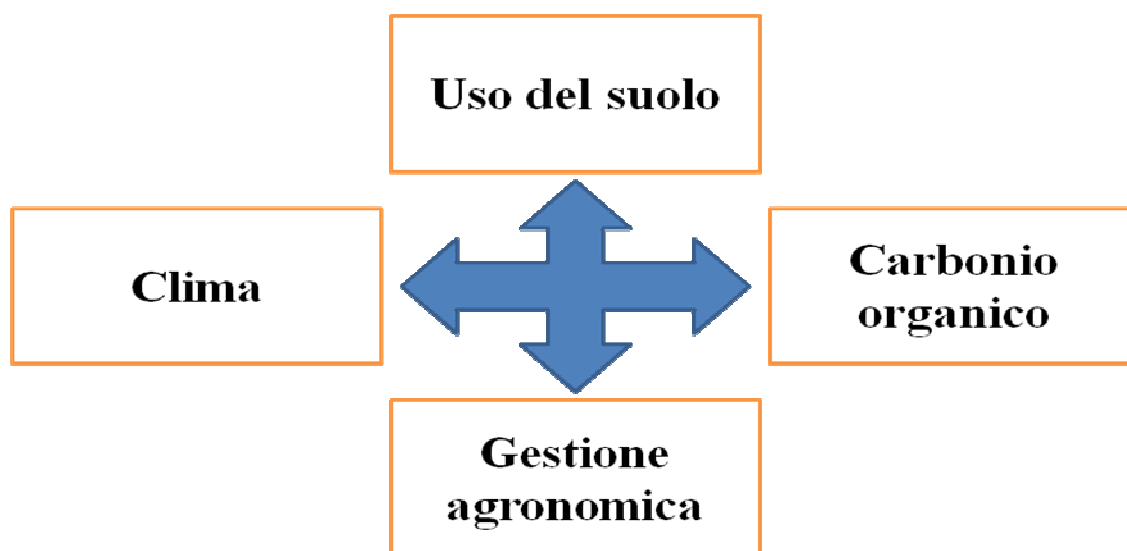


Fig. 25 – Il suolo può agire sia come fonte di emissione (source) che come serbatoio di cattura del carbonio (sink) a seconda delle condizioni pedoclimatiche e gestionali.

La componente climatica risulta essere uno degli aspetti più influenti in quanto la gran parte del carbonio organico presente nei suoli è associata alla sostanza organica e l'aumento delle temperature conseguenti agli effetti del *climate-change* velocizza le azioni di mineralizzazione della stessa in misura maggiore rispetto all'aumento della produzione primaria.

A incidere sul quantitativo di carbonio potenzialmente stoccabile, vi sono anche i cambiamenti d'uso del suolo, in quanto, la loro conversione da un uso all'altro fa sì che questi si possano comportare o come sink (assorbimento) o source (emissione) incrementando o riducendo il carbonio presente nei suoli (Paustian et al, 1998).

Il sequestro di carbonio nel suolo implica il diretto incremento della forma inorganica ed organica sfruttando il processo naturale dell'umificazione. Pertanto, superfici adibite a pascolo, prati stabili, foreste e torbiere rappresentano dei pozzi di assorbimento mentre superfici agricole, soprattutto se gestite in modo altamente intensivo, possono comportarsi perlopiù da emettitori di CO<sub>2</sub>. Infatti, la quantità di sostanza organica presente nei terreni coltivati risulta essere mediamente il 40-80% in meno e tale decremento è dovuto per lo più ai processi di ossidazione/mineralizzazione, lisciviazione ed erosione. Si può dire quindi che il passaggio da destinazioni d'uso come pascoli, foreste o ecosistemi naturali a superfici coltivate implica dirette emissioni di CO<sub>2</sub> da parte dei suoli, viceversa, il passaggio determina un accumulo di sostanza organica nei suoli.

Proteggere la fertilità ed eventualmente ristabilire un nuovo equilibrio risulta essere molto importante in quanto esiste una relazione diretta tra il quantitativo di sostanza organica e la capacità di CO<sub>2</sub> che rende molto spesso i siti a maggiore fertilità più sensibili a potenziali perdite se gestiti in modo scorretto. Lal (Lal, 2006) definì che la conversione di zone degradate, l'aumento della produzione primaria netta degli ecosistemi agricoli e la conversione dalle lavorazioni convenzionali alle tecniche di AC rappresentano soluzioni concrete per incrementare il carbonio e ridurre le perdite.

Anche la gestione tecnico-agronomica può agire in modo importante sulla capacità di sequestro di carbonio. Frequenti ed energivore agrotecniche, monosuccessioni, e una non idonea gestione dei residui colturali portano a un'elevata ossigenazione che provoca un incremento della mineralizzazione e un aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Positivi cambiamenti nelle pratiche agricole ai fini dell'incremento del carbonio nel terreno devono quindi passare per un incremento della sostanza organica limitando il più possibile i fenomeni di riduzione e ossidazione. L'applicazione dell'AC permette di raggiungere maggiori tassi di sequestro di carbonio organico nei suoli agricoli grazie all'impiego della non lavorazione, della presenza del residuo a livello superficiale e inserendo colture cover-crops all'interno di una rotazione colturale. Suoli sottoposti a sistemi colturali diversificati presentano generalmente un contenuto di carbonio organico superiore a quello dei suoli in monosuccessione (Buyanovsky & Wagner, 1998, Drinkwater et al., 1998).

Le rotazioni influenzano quindi il contenuto di carbonio nei suoli: rotazioni ampie possono mantenere un contenuto di carbonio superiore a quello delle monoculture (Morari et al. 2006) e il susseguirsi di colture con apparati radicali che esplorano il

terreno a diversa profondità comporta una migliore distribuzione della sostanza organica.

Ogle (Ogle et al. 2005) ha valutato l'influenza sul sequestro del carbonio in seguito alla conversione da agricoltura convenzionale (intensiva) all'AC. Nei vent'anni successivi alla conversione, in climi temperati umido e secco sono stati riscontrati incrementi rispettivamente del 16 e del 10% nel contenuto di carbonio nello strato 0-30cm.

West e Post (West e Post, 2002) hanno riscontrato in 67 sperimentazioni di lungo periodo che passando dalle lavorazioni convenzionali alle tecniche conservative si possono sequestrare  $57 \pm 14$  g C m<sup>2</sup>/anno e attraverso un avvicendamento articolato si possono sequestrare  $20 \pm 12$  g C m<sup>2</sup>/anno.

Agrotecniche che trattengono in superficie i residui colturali permettono di incrementare il contenuto di carbonio nel suolo in quanto il residuo stesso rappresenta il "precursore" della sostanza organica. L'introduzione di colture cover-crop determina un aumento del carbonio organico negli strati superficiali del suolo: in Svezia, ad esempio, sono stati registrati incrementi del 15% (Nilsson, 1986), in Olanda del 23% (Van Dijk, 1982) e su un arco temporale di 12-28 anni.

#### 4.4 Aspetti politici e gestionali a livello extra-europeo

Dal protocollo di Kyoto e dalle attuazioni per rientrare nelle prescrizioni del protocollo stesso sono sorte a livello mondiale politiche volte alla diretta diminuzione delle emissioni nel comparto agricolo e all'incorporazione di carbonio nei suoli, sfruttando pratiche agricole o forestali (Regione Lombardia, 2013).

Negli Stati Uniti, realtà con la quota di emissioni più alta e che non ha ratificato il Protocollo di Kyoto, le pratiche per sequestrare carbonio sono sostenute nei diversi stati da politiche di carattere volontario, come condizionalità ad alcuni finanziamenti e da un mercato di crediti di carbonio. In Nord-America, sono state proposte politiche per la riduzione di emissioni come la *Clear Skies Initiative* che si pone l'obiettivo di ridurre le emissioni entro il 2018 di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) del 73% e gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) del 67% rispetto ai livelli registrati nel 2000 attraverso l'imposizione di un tetto alle emissioni e la creazione di un mercato di crediti di emissioni (cap and trade). Non si è introdotta invece una soglia sulle emissioni di CO<sub>2</sub>, il cui abbattimento è invece obiettivo di altre due politiche proposte nel 2003 (ma mai promulgate), con lo scopo di ridurre i gas a effetto serra più rapidamente della precedente legge (Clear Skies Initiative) sempre attraverso il mercato di crediti: il Clean Air Planning Act e il Clean Power Act. Le due leggi avrebbero dovuto riguardare le aziende produttrici di energia che avrebbero dovuto sottostare a determinati limiti di emissioni di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e PM<sub>2.5</sub> (Regione Lombardia, 2013).

Tuttavia in alcuni casi sono stati sviluppati programmi pilota che si proponevano di ridurre le emissioni o stoccare nei suoli il carbonio attraverso l'adozione di pratiche di non lavorazione, come il Chicago Climate Exchange (CCX) che dal 2003 cerca di abbattere le emissioni dei 6 maggiori gas serra attraverso un sistema di commercializzazione di crediti. Il programma prevede che i sostenitori e gli aderenti al programma rispettino il protocollo (per almeno 5 anni) attraverso le migliori pratiche agricole ed in particolare attraverso l'utilizzo di tecniche di lavorazione conservative o mediante la riconversione delle superfici a seminativo a prato. I finanziamenti sono variati negli anni da circa 1 \$/t di carbonio assorbito a circa 6 \$/t.

Le pratiche agricole che rientrano nello schema CCX appartengono quindi alle tecniche di AC, quali la semina su sodo, lo strip-tillage e la minima lavorazione del terreno (Regione Lombardia, 2013).

In Canada il *GHG Mitigation Program* prodotto dal ministero AAFC (Agriculture and Agri-Food Canada) è un programma volontario per l'assunzione da parte degli agricoltori delle migliori tecniche disponibili per ridurre le emissioni nel comparto agricolo e fare in modo di amplificare la capacità di assorbire carbonio alle superfici agricole. Il programma, nato per rispondere al protocollo di Kyoto, ha previsto l'indirizzo di 21 milioni di dollari come incentivi agli agricoltori che utilizzano pratiche atte a ridurre l'emissione di GHG o ad aumentare l'incorporazione di carbonio nei suoli. Componente del programma è possibilità di verificare la diminuzione delle emissioni o l'aumento dell'incorporazione nei suoli di carbonio attraverso modelli di calcolo delle emissioni aziendali (*Canadian cattlemen's association greenhouse gas calculator*).

Un programma pilota introdotto in Canada è il Canada's Pilot Emission Removals, Reductions and Learning's (PERRL) che permetteva agli agricoltori di ricevere 11,08 dollari/t CO<sub>2</sub> stoccata. Le tonnellate di CO<sub>2</sub> stoccate venivano calcolate attraverso dei coefficienti di sequestro del carbonio. Gli agricoltori canadesi dovevano rispettare le tecniche di non lavorazione del terreno e gestire il residuo colturale. Il PERRL nel 2007 è stato abbandonato dopo 15 milioni di finanziamento (Regione Lombardia, 2013).

Una provincia del Canada, l'Alberta, ha predisposto e regolamentato un sistema di compensazione delle emissioni di carbonio per tutte le aziende (ricadenti nel settore industriale ed energetico) con emissioni superiori a 100.000 t CO<sub>2</sub> equivalenti.

Le aziende devono abbattere la propria emissione del 12% rispetto ai livelli base (calcolati come media delle emissioni avvenute nel triennio 2003-2005) e possono farlo attraverso il rinnovamento delle tecnologie impiegate o l'utilizzo di macchinari meno impattanti sull'ambiente. Qualora i livelli eccedessero il target di riduzione delle emissioni, l'azienda avrebbe la possibilità di compensare l'eccedente con crediti comprati nel mercato, *Alberta offset market*, che commercia crediti derivanti anche da pratiche agricole dopo effettiva certificazione dello stoccaggio nei suoli di carbonio.

I protocolli di controllo riportano anche tabelle e coefficienti di stoccaggio di carbonio per pratiche agricole e forestali o per cambiamenti di tecniche colturali. Gli agricoltori che partecipano volontariamente al programma ricevono finanziamenti per le quantità di crediti di carbonio creati (Regione Lombardia, 2013).

Per quanto riguarda il continente asiatico, i paesi più largamente popolati (Cina, India) hanno firmato e ratificato il Protocollo di Kyoto nel 2002, che però non impone alcun impegno di riduzione di emissione a causa del loro status di Paesi in via di sviluppo. Ciononostante in Cina e India sono state adottate politiche di riforestazione e di



riconversione a prato di zone degradate, non tanto come impegno verso la riduzione di emissioni di GHG, ma contro la desertificazione; queste pratiche risultano comunque positive nel bilancio complessivo di GHG (Regione Lombardia, 2013).

In America latina, nei Caraibi e in Africa la mitigazione dei cambiamenti climatici non è ancora stata considerata come un aspetto centrale delle politiche da implementare (Regione Lombardia, 2013). In alcuni Paesi si sono sviluppati progetti REDD (Riduzione delle Emissioni derivanti dalla Deforestazione e dalla Degradazione delle foreste), omologhi a quelli dei Paesi asiatici, per preservare le foreste dal degrado e dalla deforestazione aumentando di conseguenza l'accumulo di carbonio nel terreno.

In Oceania le politiche di restrizioni sulle emissioni legate al cambio d'uso dei suoli messe in atto da Australia e Nuova Zelanda (entrambe firmatarie del protocollo di Kyoto) hanno portato a importanti risultati. In Australia si è creato un sistema di crediti di carbonio che ha incentivato l'utilizzo del suolo come sink di carbonio. Attraverso l'ASCAS (*Australian Soil Carbon Accreditation Scheme*) alcune aree chiamate *Defined Sequestration Areas* (DSAs) possono accedere ai crediti di carbonio che sono pagamenti per tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente stoccata (Jones C., 2007). Il pagamento avviene per il reale stoccaggio di carbonio nei suoli misurato ogni anno e per determinare se è avvenuto un reale aumento di carbonio vengono fatte inizialmente delle analisi sul suolo che definiscono la quota base, successivamente viene fatto un monitoraggio tramite campionamenti di suolo ripetuti nel tempo, definiti dal National Carbon Accounting System (McKenzie et al. 2000). I campionamenti riguardano 8 strati di suolo (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-90, 90-110 cm) da cui si estrae la reale quantità di carbonio accumulato attraverso monitoraggi annuali per un periodo iniziale di tre anni. Ad ogni aumento di 0.15 pc di carbonio nel suolo si ha un equivalente di 23.1 t/ha di carbonio. Il carbonio stoccato (tC/ha) viene moltiplicato per 3.67 e ciò permette di determinare l'equivalente di CO<sub>2</sub> stoccata nel terreno.

La Carbon Farming Initiative (CFI), approvata dal governo australiano nel 2011, rappresenta un'altra politica che consente agli agricoltori e alle amministrazioni di ottenere crediti di carbonio grazie a pratiche agricole e forestali che permettono di immagazzinare carbonio o di ridurre le emissioni di gas a effetto serra. I crediti derivano da attività come la riforestazione, il maggior utilizzo di tecniche conservative e possono essere venduti a privati/aziende che desiderano compensare le loro emissioni (CFI, 2013) (Regione Lombardia, 2013).

## 4.5 Aspetti politico - gestionali a livello europeo

Dal 1992, la riforma della Politica Agricola Comunitaria (PAC) ha introdotto delle importanti modifiche in merito ai sostegni a favore delle aziende agricole, riducendo gli interventi sui prezzi e contribuendo con stanziamenti base sulle superfici coltivate.

Questo processo di *revisione* delle sovvenzioni è proseguito nella nuova riforma della PAC, messa a punta nel 2000, nella quale si è ulteriormente enfatizzato la necessità di integrare problematiche di protezione dell'ambiente rurale. In seguito, grazie alla riforma Fischler nel 2003 e la programmazione 2007-2013, questo aspetto si è tradotto con l'entrata in vigore del regime della condizionalità che ha subordinato il sostegno diretto all'agricoltore ad una serie di vincoli basati sull'adozione delle buone pratiche agronomiche e di allevamento (BCAA), nonché sulla sicurezza alimentare e sanitaria.

Nella futura programmazione PAC (2014-2020), nell'ottica di uno sviluppo sempre più sostenibile, i cambiamenti climatici avranno un ruolo fondamentale in particolare sulle strategie che potranno essere impiegate per ridurre e rispondere a queste variazioni climatiche (strategie di mitigazione e /o adattamento). Tali cambiamenti, sono considerati già in atto e pertanto, a livello normativo, istituzionale e accademico, sempre maggiore enfasi viene attribuita alla necessità di individuare efficaci strategie di adattamento da associare a forme di mitigazione.

Il tradizionale modello di attuazione delle politiche comunitarie, basato sul paradigma "comando – controllo", in cui si assume che i problemi abbiano contorni ben definiti e che le azioni programmate dalle misure siano efficaci e facilmente valutabili, ha dimostrato scarsa efficienza ed efficacia, oltre che lentezza nel rispondere ai cambiamenti necessari per adattarsi. In questo contesto, efficaci strategie di adattamento e di mitigazione ai cambiamenti climatici e ad altri cambiamenti ambientali, implicano una revisione del paradigma di attuazione delle politiche, orientate a catalizzare e supportare la capacità adattativa dei sistemi agrari.

Infatti, le concrete evidenze del cambiamento climatico e gli scenari futuri ipotizzati già nel quarto rapporto dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) hanno destato particolari preoccupazioni soprattutto in relazione alle eventuali implicazioni che avranno nei confronti degli ecosistemi naturali ed antropici, in particolare per le produzioni agricole e le relative ripercussioni a livello economico.

La ricerca di una maggiore sostenibilità e la necessità di fronteggiare il cambiamento climatico richiedono due fondamentali approcci operativi, diversi sia per il periodo di riferimento che per l'azione che mirano a svolgere: mitigazione e adattamento.

Le strategie di adattamento hanno invece l'obiettivo di agire sugli effetti del cambiamento climatico, attraverso scelte politiche atte alla predisposizione di piani, programmi, azioni e misure tali da minimizzare le conseguenze negative causate dai cambiamenti climatici. Essendo attive e funzionali già nel breve periodo, possono essere intraprese dalle aziende agricole garantendo un coordinamento sia a livello locale sia globale.

#### **4.5.1 Il ruolo della Politica Agricola Comunitaria (PAC)**

La Politica Agricola Comunitaria attraverso le sue linee guida condiziona l'erogazione dei finanziamenti agli agricoltori ad alcuni parametri ambientali direttamente e indirettamente legati all'incorporazione di CO<sub>2</sub> nei suoli (norme di condizionalità).

Il trasferimento degli obiettivi definiti a livello europeo alle singole nazioni avviene mediante un Programma di Sviluppo Nazionale che verrà recepito dalle singole regioni attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) (Regione Lombardia, 2013)

I PSR, a seguito dell'Health Check del 2009, introducono come priorità comunitaria la lotta ai cambiamenti climatici recependo così l'orientamento strategico 3.4 derivante dal protocollo di Kyoto che richiede al settore agricolo e forestale un maggiore contributo alla limitazione dell'emissione di gas a effetto serra e all'aumento del sequestro del carbonio (Pettenella D., Zanchi G., 2006).

La possibilità di utilizzare l'agricoltura europea e in particolare pratiche agronomiche sostenibili per ridurre le emissioni a livello europeo è chiara alla Comunità e ai Paesi membri tanto che nel documento che indirizza le scelte per la futura PAC (2014-2020) si afferma che: *"... nonostante le emissioni di gas serra di origine agricola siano diminuite del 20% nell'UE dal 1990, è possibile e sarà necessario intensificare gli sforzi per conseguire gli obiettivi ambiziosi che l'Unione si è fissata in materia di clima ed energia. È importante sfruttare maggiormente il potenziale del settore agricolo in materia di mitigazione e adattamento, nonché la sua capacità di fornire un contributo positivo grazie alla riduzione delle emissioni di gas serra e ad altre misure basate*

*sull'innovazione e finalizzate all'efficienza produttiva e al miglioramento dell'efficienza energetica, alla produzione di biomassa e di energia rinnovabile, al sequestro del carbonio e alla protezione del carbonio contenuto nel suolo.” (COM(2010) 672/5).*

Nella PAC post-2013, oltre al mantenimento di obiettivi volti a promuovere la conservazione e il sequestro del carbonio nel settore agricolo e forestale, è prevista l'introduzione del *greening*, considerata dalla maggioranza degli osservatori come una delle principali novità della proposta di riforma del pagamento unico, accanto all'abbandono del modello di riferimento storico dei pagamenti diretti.

Il *greening*, consolidando il processo di attenzione della PAC verso tematiche ambientali e di protezione dell'ambiente, si configura di fatto come una sorta di “titolo verde” addizionale al regime di pagamento di base e alle altre componenti, riconosciuto agli agricoltori attivi, a condizione di rispettare obblighi agronomici e ambientali.

Al pagamento verde verrebbe, a seguito di questa proposta, dedicato un importo pari al 30% del massimale nazionale per pagamenti diretti e assumerebbe la forma di un pagamento annuo per ettaro di superficie ammissibile, ottenuto dividendo il relativo massimale per gli ettari ammissibili dichiarati da uno Stato membro.

I vincoli del *greening*, delineati nel documento la PAC verso il 2020, in prima ipotesi, prevedono di mantenere le superfici a foraggiere permanenti presenti nell'azienda, di diversificare le colture con almeno 3 specie coltivate, se la superficie a seminativi è >3 ha, e di destinare come minimo il 7% della superficie ammissibile (escluse le foraggiere permanenti) ad aree di interesse ecologico, terreni lasciati a riposo, terrazze, elementi caratteristici del paesaggio, fasce tampone e superfici oggetto di imboscamento PSR.

Tutto ciò non può non determinare un effetto di ridisegno complessivo della strategia ambientale della PAC e dei PSR. Questi, in un quadro di tendenziale riduzione delle risorse pubbliche, potrebbero ridurre i finanziamenti destinati alle misure agro ambientali. Finanziamenti maggiori possono quindi essere destinati a pratiche colturali e agricole che si pongono l'obiettivo di riduzione delle emissioni e aumento del carbonio nei suoli con la futura possibilità di creazione di un mercato stabile di crediti di carbonio venduti direttamente dagli agricoltori dopo una certificazione dell'immagazzinamento.

L'introduzione di queste modifiche alle politiche agricole indica comunque una maggiore attenzione europea verso le tematiche ambientali, verso una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) e verso la definizione di obiettivi incentrati a trovare strumenti diretti o indiretti per stoccare il carbonio nei suoli, diminuendo così l'impatto europeo nella produzione di GHG (Regione Lombardia, 2013)

#### **4.5.2 Politiche Europee post-Kyoto**

La valorizzazione dell'attività agricola per la mitigazione dei cambiamenti climatici trova riferimento non solo negli impegni di attuazione del Protocollo di Kyoto, ma anche negli indirizzi prioritari fatti propri dalla politica agricola comunitaria (PAC).

A livello europeo, infatti, dopo l'approvazione del Protocollo di Kyoto, si sono sviluppate politiche volte alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, in particolare, la direttiva 2003/87/CE ha istituito e regolamentato un sistema per lo scambio di quote di emissioni (ETS - Emission Trading Scheme) di gas a effetto serra nell'Unione Europea al fine di promuovere la riduzione di dette emissioni secondo criteri di validità in termini di costi e di efficienza economica (art.1) a cui sono soggette 11.000 aziende che consumano o producono rilevanti quantità di energia nel settore energetico e industriale.

Ogni azienda riceve un determinato quantitativo di diritti di emissione, ovvero "crediti di emissione", corrispondenti a un definito numero di tonnellate/anno di CO<sub>2</sub> equivalente per un periodo di tempo limitato ed è tenuta monitorare le proprie emissioni restituendo ogni anno al proprio governo nazionale il quantitativo di diritti di emissione corrispondente all'ammontare emesso durante l'anno. Esiste una borsa dove i "crediti" possono essere scambiati a prezzo di mercato, cioè in base a domanda e offerta, non solo tra Paesi Ue, ma anche fra Paesi non aderenti al protocollo di Kyoto o sistema EU-ETS (es. Paesi in via di sviluppo) (Regione Lombardia, 2013).

La prima fase della politica di crediti europea è terminata nel 2007 precedendo quello che è poi stato il mercato di crediti internazionale introdotto dal protocollo di Kyoto nel 2008. Questo ha permesso di dare un "prezzo" al carbonio e ha creato il commercio dei diritti di emissioni di gas ad effetto serra nell'Unione Europea. I benefici da un punto di vista ambientale per il primo periodo sono stati piuttosto contenuti rispetto agli obiettivi prefissati a causa del fatto che l'assegnazione di troppi diritti di emissione ha fatto diminuire di molto il prezzo dei permessi nel 2006 e 2007 (EEA, 2012), non esercitando così una leva adeguata alla riduzione delle emissioni (Regione Lombardia, 2013).

La seconda fase ha coinciso con l'entrata in vigore del piano di crediti previsto dal Protocollo di Kyoto; ha avuto inizio il 1 Gennaio 2008 ed è terminata il 31 Dicembre 2012. L'Europa, in accordo con il trattato, si è posta l'obiettivo di ridurre le proprie emissioni totali dell'8%, rispetto al quantitativo emesso nel 1990.

Nell'EU-ETS la maggior parte dei permessi è allocata in maniera gratuita, ma gli Stati membri potevano mettere all'asta il 5% dei permessi nel periodo 2005-2007 (prima fase di programmazione) e il 10% nel periodo 2008 - 2012 (seconda fase di programmazione).

Nella seconda fase dell'EU-ETS ogni Stato membro ha fissato un limite all'uso di CER (Certified Emissions Reduction) e ERU (Emissions Reduction Units) (crediti derivanti da pratiche sviluppate in altri Paesi – in via di sviluppo o sviluppati - e che permettono al paese di acquisire crediti di carbonio) nel proprio Piano Nazionale di Allocazione.

Alla fine del 2011, come descritto nel report dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA, 2012), gli obiettivi posti dall'Unione Europea sono stati raggiunti da quasi tutti i Paesi. Le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente registrate rispetto a quelle preventivate nell'EU-ETS per il periodo 2008-2011 sono state in media il 5% al di sotto di tali limiti, generando quindi un eccesso di offerta di quote (Regione Lombardia, 2013).

L'EU-ETS è in fase di importanti cambiamenti in vista della negoziazione della terza fase, 2013- 2020 in cui, a partire dal 2013, è previsto il ricorso alle aste come strumento predominante di allocazione dei permessi di emissione.

L'attenzione dell'Unione Europea verso la riduzione delle emissioni e l'immagazzinamento del carbonio nei suoli e nelle foreste è descritto nei documenti di indirizzo sul futuro delle politiche europee: il Libro bianco (COM/2009/147 def.) *“Adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo sui cambiamenti climatici”* e il Libro verde (COM/2010/66 def.) *“La protezione e l'informazione sulle foreste nell'UE: preparare le foreste ai cambiamenti climatici”*.

I due documenti indicano la rotta che l'Europa intende percorrere e rappresentano possibili strumenti da mettere in campo per la diffusione di informazioni, per la risposta ai cambiamenti climatici e per prevenire ulteriori aumenti di emissioni di gas a effetto serra. In alcuni Paesi dell'Unione Europea (Svezia, Finlandia, Danimarca) è stata introdotta una tassazione sull'emissione del carbonio già all'inizio degli anni Novanta e altre nazioni ne hanno seguito l'esempio o stanno strutturando strumenti legislativi in questa direzione. Attualmente la tassa è pari a 12 euro per t/CO<sub>2</sub> in Danimarca, a 108 euro per t/CO<sub>2</sub> in Svezia, a 20 euro per t/CO<sub>2</sub> in Finlandia e di 15 euro per t/CO<sub>2</sub> in Irlanda (Regione Lombardia, 2013).

Negli ultimi dieci anni nel Regno Unito, in Germania e nei Paesi Bassi sono state avviate riforme fiscali in chiave ecologica, in cui le tasse sul carbonio hanno un peso predominante.

### 4.5.3 Strategie di mitigazione

Le strategie di mitigazione hanno l'obiettivo di agire sulle cause del cambiamento climatico e in particolare sulla riduzione/stabilizzazione delle emissioni e della concentrazione di gas serra presenti in atmosfera provenienti dalle attività antropiche. Rappresentano quindi un approccio di lungo periodo e il successo di tale strategia necessita di un'azione globale di coordinamento internazionale (Acutis et al., 2013).

- *Riduzione delle emissioni.* Emissioni di gas serra provenienti da fonti agricole possono essere ridotte aumentando l'efficienza nella gestione dei flussi di carbonio e di azoto negli ecosistemi agricoli. Ottimizzare l'efficienza dei fertilizzanti e le relative tecniche di distribuzione (Bouwman, 2001) permette di iniziare già nel breve periodo di ridurre le emissioni e al tempo stesso ridurre le inefficienze aziendali da un punto di vista economico. Un'ottimale gestione dei reflui zootecnici permette poi di ridurre le emissioni di metano (Clemens e Ahlgrimm, 2001).
- *Aumento delle rimozioni.* Secondo l'IPCC, il suolo può essere assimilato a un enorme contenitore di carbonio, che viene stoccato prevalentemente sotto forma di sostanza organica. A oggi, a causa di una gestione sempre più intensiva sono stati persi più di 50 Pg C (Paustian et al., 1998; Lal, 1999; Lal, 2004). Parte di questo carbonio può essere "recuperato" attraverso una gestione agricola più sostenibile in grado di aumentare la rimozione di CO<sub>2</sub> atmosferica. I sistemi di gestione basati sulla riduzione e progressiva eliminazione delle lavorazioni, in particolare l'aratura, come quelli proposti dall'AC, riducono la rapida ossidazione della sostanza organica a CO<sub>2</sub> (Reicosky, 2003; Nelson et al., 2009). Tali tecniche sono quindi in grado quindi di aumentare l'input fotosintetico del carbonio, sequestrandolo (carbon sink), ovvero accrescendo le riserve di carbonio, rientrano in questa categoria di mitigazione. Vi rientrano anche quelle azioni in grado di rallentare il processo di ritorno del carbonio da sostanza organica a CO<sub>2</sub> promosso da fenomeni particolarmente impattanti come erosione, bruciatura dei residui colturali, arature profonde ecc.

I residui colturali e gli essudati radicali di metaboliti carboniosi nel suolo determinano un passaggio dalla perdita all'accumulo di carbonio nel suolo, favorendo nel lungo periodo un virtuoso processo di sequestro di carbonio del

carbonio atmosferico (West e Post, 2002; Lal, 2006). Baker et al. (2007) riporta un accumulo di carbonio nel suolo di circa 11 t ha<sup>-1</sup> dopo 9 anni. Al contrario, in sistemi monocolturali tipici dell'agricoltura convenzionale, il rilascio di carbonio nell'atmosfera è stimato pari a circa 1,8 t ha<sup>-1</sup>/anno sottoforma di CO<sub>2</sub> (FAO, 2010). Tuttavia, come già ampiamente evidenziato in bibliografia, la capacità da parte delle diverse gestioni colturali di sequestrare quantità di carbonio più o meno elevate dipende fortemente dalle condizioni di applicazione con variazioni anche significative a scala locale (Pisante, 2013).

- *Blocco delle emissioni.* Oltre alla possibilità offerta dalle bioenergie, un altro elemento fondamentale per ridurre la produzione di gas serra riguarda il cambio di uso del suolo stesso: ridurre o interrompere pratiche molto invasive come la deforestazione (in campo forestale) o l'asportazione di residui colturali potrebbe incrementare notevolmente il sequestro di carbonio e il suo stoccaggio.

Diversamente dai sistemi forestali, i quali sono solitamente caratterizzati da un'evoluzione naturale e meno soggetta all'intervento antropico, nei sistemi agricoli le quantità di carbonio accumulato nel suolo, ed il loro livello di degradazione, dipendono in misura preponderante dalla gestione agronomica (Tab. 15).

La gestione e l'intensità delle agrotecniche, le pratiche irrigue e di fertilizzazione, il controllo delle infestanti sono elementi che direttamente influenzano la capacità di tali sistemi di incrementare o ridurre la sostanza organica del suolo (McFarlane et al. 2009). Fra gli interventi sulle superfici agricole capaci di contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici si possono annoverare pratiche quali il sovescio, la riduzione o l'eliminazione delle lavorazioni del terreno, la gestione dei residui colturali, l'ottimizzazione della fertilizzazione e l'adozione di rotazioni e avvicendamenti colturali (Pisante, 2013).

Il sovescio è una pratica agronomica ampiamente utilizzata in passato, poi in parte abbandonata grazie all'utilizzo intensivo di input chimici. Tale pratica consiste nella coltura di apposite specie il cui ciclo si sviluppa tra le colture principali previste dall'avvicendamento, la cui biomassa poi o viene parzialmente interrata al momento della preparazione del terreno per la coltura principale successiva in modo tale da incrementare la fertilità del terreno nonché il processo di conservazione dell'humus o permanere in superficie come *organic mulching*.



PRINCIPALI MISURE	AMBITI	EFFETTI MITIGATIVI		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
GESTIONE COLTURALE	Gestione agronomica	+		+/-
	Fertilizzazione	+		+
	Lavorazioni e gestione dei residui	+		+/-
	Irrigazione	+/-		+
	Gestione risaie	+/-	+	+/-
	Gestione agro-forestale	+		+/-
	Set-aside e cambio d'uso del suolo	+	+	+
RIPRISTINO SUOLI DEGRADATI	Controllo erosione, uso ammendanti	+		+/-
GESTIONE REFLUI	Tecniche di stoccaggio		+	+/-
	Digestione anaerobica		+	+/-
	Ottimizzazione utilizzo in campo	+		+
BIOENERGIE	Colture energetiche, biomasse agroforestali	+	+/-	+/-

Tab. 15 – Misure mitigative adottate nel settore agricolo e loro effetto sui gas serra.

Altre pratiche importanti per la riduzione delle emissioni comprendono le tecniche di lavorazione conservativa del terreno. Tali pratiche che possono arrivare a localizzare la lavorazione alla sola creazione del solco di semina oltre a portare ad importanti vantaggi agronomici permettono un consistente risparmio di energia (Fig. 26) (Acutis et al 2013).

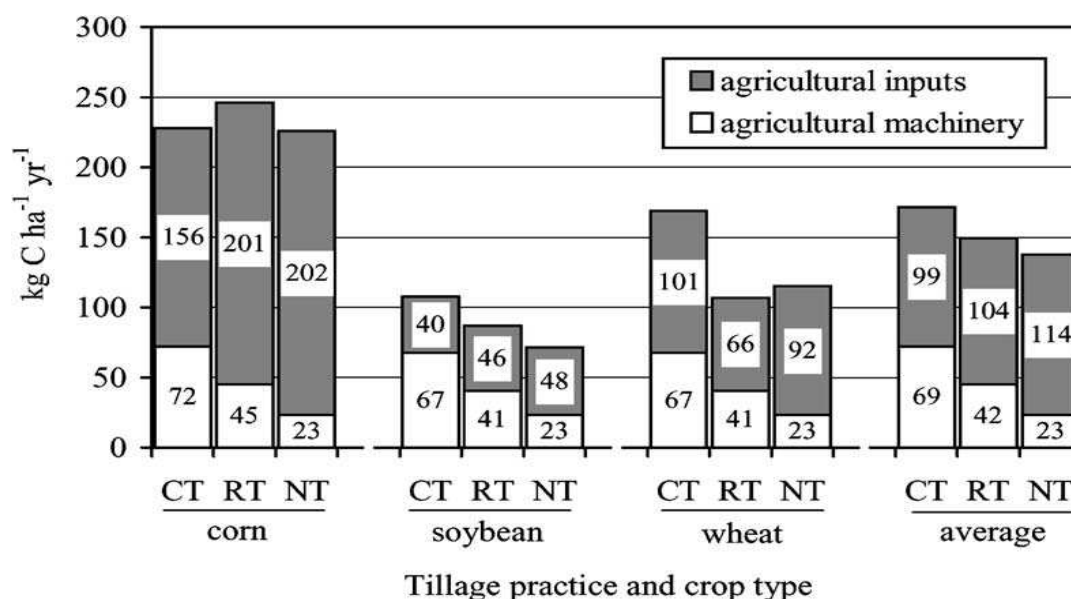


Fig. 26 – Emissioni di CO<sub>2</sub> per le tre principali colture rilevate negli Stati Uniti al variare di tre tecniche di lavorazione del terreno: tecnica convenzionale basata sull'aratura e successivi interventi preparatori (CT); minima lavorazione senza inversione degli strati (RT); semina su sodo (NT). Fonte: West e Marland (2002).

Il mantenimento o l'aumento della fertilità dei suoli può essere raggiunto anche per mezzo dell'utilizzo di residui colturali. Tali residui, provenienti dalla coltura principale o da colture intercalari possono essere impiegati per incrementare fortemente la sostanza organica nel terreno (Lal e Kimble, 1997). Questi, vanno naturalmente incontro a processi di decomposizione microbica eseguendo al contempo una funzione protettiva a livello superficiale (Larson, 2009).

Un altro aspetto fondamentale è la gestione delle fertilizzazioni. L'azoto, infatti, essendo l'elemento nutritivo che maggiormente influenza la produttività colturale sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, è spesso impiegato in modo eccessivo, pratica che può causare la formazione di nitrati a rischio di lisciviazione nel caso di una non corretta gestione. Un eccessivo utilizzo di input azotati può portare ad un rilascio, anche in elevate quantità, di NO<sub>x</sub> in atmosfera, pertanto, al fine di ottimizzare la fertilizzazione diviene fondamentale applicare corrette pratiche di distribuzione che riducano o addirittura evitino tali perdite. In tal senso è possibile operare sull'epoca di somministrazione, sulla frequenza e sulla tecnica di distribuzione, nonché sulla scelta delle tipologie di fertilizzanti (ad esempio a lento rilascio) in modo tale da aumentare l'assimilazione da parte della colture.

Infine, un'altra pratica fondamentale è rappresentata dalla rotazione delle colture. L'importanza di un corretto ordinamento colturale permette di migliorare il terreno grazie alla diversità dei sistemi radicali che influiscono positivamente sulle proprietà fisiche e strutturali del suolo ma anche di incidere positivamente sulla composizione dei diversi residui colturali contribuendo, di fatto, a migliorare la qualità dell'humus e quindi ad aumentare la capacità di sequestro di carbonio e la riduzione dell'utilizzo di fertilizzanti (West e Post, 2002).

Tra le misure adottabili in ambito agricolo, oltre ad aspetti tecnico-agronomici, un ruolo rilevante può derivare dai sistemi di risparmio energetico. Secondo le statistiche ufficiali i consumi energetici complessivi per l'agricoltura nazionale sono stati, nel 2011, pari a 3,3 Mtep (ENEA 2011).

Benché il settore agricolo e zootecnico presentino consumi relativamente bassi in termini percentuali rispetto al consumo globale nazionale, esiste tuttavia un margine rilevante per attuare azioni di risparmio energetico. In particolare la possibilità di tale risparmio è stata definita, anche mediante sovvenzionamento, attraverso programmi di sviluppo rurale regionali (PSR) con le misure 121, 124,125 del primo asse e 311 del terzo asse (produzione energetica con tecniche alternative).

Gli interventi del primo asse si concentrano principalmente sull'ammmodernamento delle infrastrutture aziendali e delle macchine motrici/operatrici cercando quindi di facilitare l'introduzione di innovazione e tecnologia a livello aziendale. Tali misure possono portare ad un risparmio energetico diretto, tuttavia, necessitano anch'esse di una migliore efficienza gestionale delle varie attività produttive (Pisante, 2013).

#### **4.5.4 Strategie di adattamento**

Negli ultimi anni sono state proposte numerose strategie colturali e agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici. Tali strategie hanno come obiettivo quello di ridurre le perdite di rendimento causate dai cambiamenti climatici. Nell'ambito di tali strategie è possibile fare una suddivisione in strategie di adattamento di breve e di lungo periodo (Acutis et al., 2013).

Gli adattamenti di breve periodo rappresentano i primi strumenti di difesa contro i cambiamenti climatici e prevedono interventi con variazioni sostenibili per tempi e costi del sistema di gestione aziendale generalmente rivolti a ottimizzare la produzione.

*Variazione della data di semina e scelta della cultivar:* per le colture primaverili, il riscaldamento del clima consentirà di anticipare il periodo di semina rispetto alla situazione attuale con effetti diversi a seconda del ciclo della cultivar. Anticipare la semina di una cultivar a ciclo produttivo più lungo aumenterà la produzione potenziale, nel caso in cui sia l'umidità che la temperatura non siano fattori limitanti, mentre nel caso di una cultivar a ciclo produttivo corto si potranno evitare gli stress dovuti sia alla carenza idrica sia alle alte temperatura.

Per le colture autunno-vernine, l'aumento delle temperature potrà causare degli inconvenienti a livello di induzione fiorale a causa della mancanza, durante gli inverni più caldi, di un sufficiente numero di giorni con temperature utili per completare il processo di vernalizzazione. Considerando quindi che i cereali autunno-vernini necessitano di una fase di crescita prima dell'inizio dell'inverno per assicurare la sopravvivenza delle piante, e spesso sono seminati quando la temperatura ha la maggiore efficacia sulla vernalizzazione, si potrebbe assistere a semine più tardive nelle regioni settentrionali (Acutis et al., 2013).

*Cambiamento dei fattori produttivi:* l'aumento della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> potrebbe interessare la dinamica degli elementi nutritivi nel terreno. Per esempio elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub> porteranno un beneficio particolare alle piante C3 e, in tal modo, le infestanti appartenenti a tali categoria potrebbero divenire più competitive delle C4. Inoltre l'aumento del rapporto C/N nelle foglie delle piante in relazione all'aumento di CO<sub>2</sub> potrà causare un maggiore attacco di fitofagi.

Dal punto di vista tecnico-culturale, un maggior tenore di CO<sub>2</sub> provocherà una maggiore produzione di biomassa e quindi un maggiore assorbimento dell'azoto da parte della coltura, determinando quindi una maggiore richiesta di fertilizzanti. Questo aumento sarà accentuato dal fatto che precipitazioni intense e l'aumento delle temperature potranno portare a un incremento delle perdite di azoto per lisciviazione e volatilizzazione.

Il riscaldamento globale, in molte zone, potrà ad una più alta incidenza di problematiche fitosanitarie legate alla presenza di infestanti, insetti e patogeni che si ripercuoterà in un più alto utilizzo di prodotti fitosanitari (Acutis et al., 2013).

*Pratiche per conservare l'umidità:* le pratiche per conservare l'acqua nel suolo dovranno essere sempre più considerate per fronteggiare prolungati periodi di siccità.

Le lavorazioni del terreno, in particolare, al fine di conservare maggiormente l'umidità del suolo dovranno limitare al minimo la loro intensità e lasciare in superficie una copertura di residui colturali in grado di aumentare il contenuto di sostanza organica, proteggere il terreno dall'erosione idrica ed eolica, mantenere l'umidità riducendo l'evaporazione e aumentare l'infiltrazione nel terreno delle precipitazioni.

Gli adattamenti di lungo periodo comprendono quei cambiamenti strutturali più radicati necessari per limitare l'impatto dei cambiamenti climatici come il cambio d'utilizzo del suolo per ottimizzare la produzione in particolari areali, lo sviluppo di nuove cultivar (miglioramento genetico) per adattarsi agli stress indotti dai cambiamenti climatici in modo più veloce oppure la sostituzione di colture con altre per meglio adattarsi alla condizione ambientale (Pisante, 2013).

*Cambiamento d'uso dei suoli agricoli:* rappresenta un aspetto primario che vede di anno in anno la continua perdita di suoli produttivi a causa di espansione urbana e infrastrutture dei trasporti. Una variazione "positiva" si realizza, a titolo di esempio, in

un cambiamento d'uso del suolo da seminativo a prato stabile che può, secondo dati della Regione Lombardia, portare ad aumento della quantità di carbonio organico accumulato nel suolo pari a circa 12 t/ha.

Tuttavia, tra il 1990 e il 2000, la superficie interessata da impermeabilizzazione nell'UE-15 è aumentata del 6% e almeno 275 ettari di terreno al giorno vengono persi, pari a circa 1000 km<sup>2</sup>/anno. Per avere un'idea concreta di così comporti questa antropizzazione basti considerare che, a puro titolo di esempio, perdere 12 ettari di terreno agricolo seminativo significa emettere mediamente 668 tonnellate di carbonio organico accumulato nel suolo; perdita che annullerebbe il beneficio, in termini di sequestro di carbonio, che si otterrebbe (nel tempo) convertendo 55 ettari di suolo da seminativo a quello di prato stabile.

Il “consumo di suolo”, quindi, non si limita a provocare la diminuzione dello stock di carbonio immagazzinato nei suoli, ma ha un impatto secondario altrettanto grave e spesso sottostimato: quello di ridurre sempre più le superfici sulle quali è possibile agire per sequestrare carbonio, abbassando così ulteriormente la resilienza del sistema territoriale agli impatti del cambiamento climatico.

Recentemente in Italia è stato varato un decreto legge con l'obiettivo di limitare la cementificazione sui terreni agricoli, in modo da porre fine ad una pericolosa evoluzione, imponendo di fatto il divieto di cambiare la destinazione d'uso dei terreni agricoli che hanno usufruito di aiuti di Stato o Comunitari (Acutis et al., 2013).

*Miglioramento genetico*: può essere considerato come una delle tecniche più idonee per adattare le colture ai cambiamenti climatici utilizzando sia le biotecnologie sia il miglioramento genetico tradizionale. La genetica può offrire la possibilità di adattare le colture agli stress (calore, acqua, fitofagi, ecc) causati dai cambiamenti climatici, permettendo lo sviluppo di cultivar in grado di resistere meglio agli stress ambientali.

*Sostituzione delle colture*: colture che richiedono minori fabbisogni idrici sono più resistenti a periodi di carenza idrica ed ad alte temperature tollerando meglio condizioni climatiche siccitose. Ad esempio, il sorgo è più tollerante alle alte temperature del mais. Nell'ambito della stessa coltura, l'adattamento alle nuove condizioni climatiche può essere ottenuto mediante la scelta di varietà e genotipi diversi, che abbiano mostrato caratteri di adattabilità alle variazioni previste (es. lunghezza ciclo biologico, esigenze per la vernalizzazione) o di resistenza ad eventi estremi (siccità, alte temperature).

## 4.6 Aspetti politico - gestionali a livello italiano

A livello italiano le superfici coltivate a seminativi e a colture arboree occupano il 28% del territorio nazionale per un totale di circa 11 milioni di ha. Tale superficie è soggetta a pratiche agricole di diversa intensità e rappresenta circa i due terzi della superficie agricola totale italiana che include anche prati stabili e altre zone agricole eterogenee.

Su tali superfici sono emessi rispettivamente il 57% e il 4% del totale delle emissioni nazionali antropogeniche di protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e di metano (CH<sub>4</sub>) per un totale di 21,5 Mt CO<sub>2</sub>eq/anno che rappresenta il 4,7% delle emissioni nazionali di gas a effetto serra. Nel 2009 le emissioni prodotte dal comparto agricolo hanno rappresentato circa il 7% del totale nazionale e sono state la seconda fonte di emissione dopo il settore energetico (82,8%) (ISPRA, 2011).

Il contributo dell'agricoltura italiana, se osservato a livello europeo, è al di sotto della media comunitaria (UE15) pari a 10,2%, mentre se si valuta il trend dal 1990 al 2008 si evince una riduzione delle emissioni di circa il 10% a causa della contrazione delle superfici agricole (ISPRA, 2010) e della rilevante diffusione degli impianti di cogenerazione a biogas che ha contribuito a ridurre le emissioni provenienti dalle deiezioni animali per circa l'11% (Pisante, 2013) (Tab. 16).

Anno	Emissioni nazionali di gas serra (Mt CO <sub>2</sub> equivalente)	Emissioni di gas serra dal comparto agricolo (Mt CO <sub>2</sub> equivalente)	Quota del comparto agricolo sul totale (%)
1990	517	40,6	7,8
1995	529,4	40,3	7,6
2000	549,8	39,9	7,3
2005	572,6	37,2	6,5
2008	541,5	35,9	6,6

Tab. 16 – Indicazioni sulle emissioni di CO<sub>2</sub>eq in Italia dal 1990 al 2008 – ISPRA 2010

Attraverso la “Strategia d’azione ambientale per lo sviluppo sostenibile” (CIPE deliberazione n. 57 del 2 agosto 2002), l’Italia si è impegnata a ridurre le emissioni nazionali dei gas serra del 6,5% rispetto al 1990, nel periodo tra il 2008 e il 2012, e considerato che il livello delle emissioni nel 1990 era pari a 519,5 MtCO<sub>2</sub>, gli obiettivi a livello nazionale sono stati fissati a 485,7 MtCO<sub>2</sub>.

In base al report 2009 della Commissione europea, nel 2007 le emissioni italiane raggiungevano un livello di 552,8 MtCO<sub>2</sub>, con un incremento rispetto al 1990 pari del 6,9%. Questo aumento, porterebbe a un impegno maggiore nella riduzione delle emissioni; in particolare la quantità di abbattimento richiesta diventerebbe di 69 MtCO<sub>2</sub> cioè una percentuale di circa il 13,4% delle emissioni totali del 2009.

Tale valore, tuttavia, secondo il recente inventario nazionale delle emissioni di gas a effetto serra relativo all'anno 2008, presentato alla convenzione UNFCCC, scenderebbe a 11,2% escludendo gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> da parte del settore agroforestale.

Allo stato attuale è quindi palese che l'Italia non potrà raggiungere gli obiettivi di riduzione solo attraverso l'utilizzo di azioni sul suolo nazionale (Commissione europea, 2009) tuttavia è prevista (D.M. del 1 aprile 2008) l'implementazione del Registro dei depositi di carbonio, assegnata alla responsabilità del Ministero dell'Ambiente, inizialmente limitata all'ambito forestale, sia allargata a considerare anche altri comparti, fra cui in particolare i suoli agrari.

<b>Fonti di emissioni</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>
Energia	419	451	474	453
Industriale	259	271	281	267
Trasporti	101	120	126	122
Civile	78	79	93	85
Agricoltura (7%)	41 (7,9)	40 (7,3)	37 (6,5)	36 (6,6)
Rifiuti	18	22	18	17
Altro	13	11	10	9

Tab. 17 – Fonti di emissioni di CO<sub>2</sub> (espresse in Mt CO<sub>2</sub>) in Italia dal 1990 al 2008.

Le superfici agricole italiane hanno visto negli ultimi 70 anni a causa dell'intensificazione delle attività agricole una perdita netta di carbonio organico pari al 39% che corrisponde a una perdita totale di circa 360 Mt C pari a 18 Mt CO<sub>2</sub> eq/anno. Stime condotte a livello nazionale hanno stabilito che una considerevole quota di carbonio accumulato annualmente è costituita dai residui colturali (18,8 Tg di C, a livello mondiale 3 Gt) che permettono di mantenere il carbonio organico a livelli prossimi all'equilibrio (Lugato et al., 2008, Morari et al. 2006).

La gestione agronomica delle superfici risulta essere altamente incidente sulla ripartizione del carbonio tra prodotti raccolti e residui e dovrà sempre più indirizzarsi verso il mantenimento di una copertura vegetale permanente (Tab. 18; Fig. 27). L'integrazione e la sinergia di razionali pratiche agronomiche può assicurare l'aumento

del carbonio organico nel suolo, riducendo le emissioni dirette (combustibili fossili) e indirette (per l'intensificazione dell'umificazione) rispetto alle tecniche convenzionali, oltre ad aumentare la biodiversità e, dunque, la resilienza dell'agro-ecosistema.

	Carbon stock change in living biomass			Net C stock change in dead organic matter	Net C stock change in soils	Total	Total
	Increase	Decrease	Net change				
	Mt C					Mt C	Mt CO <sub>2</sub>
1990	19,5	-15,2	4,3	0,7	6,4	11,4	41,9
1991	19,7	-12,1	7,7	1,2	7,2	16,0	58,8
1992	20,0	-12,7	7,3	1,2	7,1	15,5	57,0
1993	20,2	-15,7	4,5	0,8	6,4	11,7	42,9
1994	20,4	-13,1	7,4	1,2	7,1	15,7	57,5
1995	20,7	-12,4	8,3	1,3	7,3	16,8	61,8
1996	20,9	-12,8	8,1	1,3	7,3	16,7	61,1
1997	21,1	-15,1	6,0	1,0	6,8	13,8	50,6
1998	21,3	-15,7	5,6	0,9	6,7	13,3	48,8
1999	21,5	-14,5	7,1	1,2	7,0	15,3	56,0
2000	21,8	-15,0	6,8	1,1	7,0	14,9	54,5
2001	22,0	-13,6	8,4	1,3	7,3	17,1	62,6
2002	22,2	-12,8	9,4	1,5	7,6	18,4	67,6
2003	22,4	-14,7	7,7	1,2	7,2	16,1	59,2
2004	22,7	-13,7	9,0	1,4	7,5	17,8	65,4
2005	22,9	-13,6	9,2	1,4	7,5	18,2	66,7
2006	23,1	-13,8	9,3	1,4	7,5	18,3	67,0
2007	23,3	-18,3	5,0	0,9	6,6	12,5	46,0
2008	23,5	-15,0	8,5	1,3	7,4	17,2	63,1
2009	23,5	-14,4	9,0	1,4	7,3	17,7	65,0

Tab. 18 – Carbonio stoccato in biomasse legnose, nella sostanza organica e nei suoli agricoli (fonte ISPRA). Valori provenienti da modelli di stima del carbonio ( For-est, Gain-Loss Method e Stock-Difference Method) basati sulla metodologia IPCC

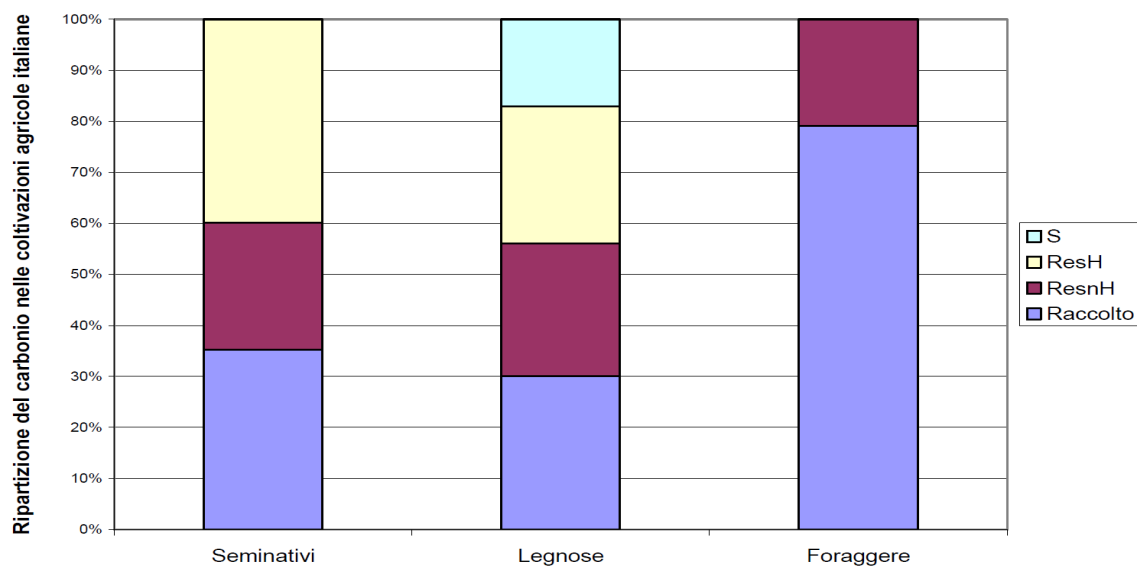


Fig. 27 – Ripartizione percentuale del carbonio nei diversi ordinamenti colturali. ResnH = residui colturali prodotti dalla coltura non raccogliabili (radici fini, perdite di raccolta); ResH= residui colturali raccogliabili (paglie, stocchi,sarmenti); S= Carbonio accumulato nelle strutture permanenti (fusto, apparato radicale). COM/2009/147



## **CAPITOLO V – REALTA' AGRICOLA VENETA**

### **5.1 Superfici agricole e livelli di carbonio organico**

Il comparto agricolo Veneto rappresenta un settore molto importante per l'economia regionale e nazionale considerata la grande varietà di prodotti di qualità e l'estensione del territorio a essa dedicata (oltre il 57% della superficie totale). La rimanente quota regionale è destinata a superfici boscate e/o ambienti seminaturali (circa 29%) e a superficie urbana/industriale/infrastrutturale (oltre il 7%) (CORINE-Land-Cover 2000).

In merito alle superfici agricole, la regione Veneto presenta una superficie agricola utilizzata (SAU) di circa 810.000 ettari. Il 7% di questa superficie è gestita da microaziende di dimensione inferiore a 1 ha producendo il 3% del valore aggiunto mentre più di 220.000 ettari sono gestite da aziende in grado di produrre più del 50% del valore aggiunto (Regione Veneto, 2013).

Anche in Veneto si conferma quindi quanto già evidenziato in molte altre regioni Italiane ovvero che, rispetto al 2000, è diminuito il numero di aziende agricole e zootecniche (-32,4%) con conseguente innalzamento della SAU media (+ 44,2%) a 6,8 ettari (7,9 ettari a livello nazionale). Oltre un ettaro in meno rispetto al dato nazionale e abbondantemente al di sotto dell'andamento nelle regioni del Nord come la Lombardia (18 ettari), Piemonte (oltre 15 ettari) ed Emilia Romagna (sopra i 14) e Friuli (10 ettari). Analizzando questo trend emerge che negli ultimi 30 anni si sono perse la metà delle aziende venete ma solamente l'11% della SAU, pari ad oltre 100 mila ettari di superficie coltivabile. Territorialmente la perdita maggiore di aziende, considerando la variazione tra il 2000 ed il 2010, si concentra nei comuni della zona pedemontana e montana delle province di Vicenza, Treviso e Belluno.

La mortalità delle aziende venete si è concentrata soprattutto nelle classi di dimensione più piccole: esaminando il fenomeno per classe di SAU di appartenenza, si nota come solo negli ultimi 10 anni le aziende con meno di un ettaro si siano più che dimezzate ed è solamente in classi di SAU superiori ai 20 ettari che vediamo un trend positivo di crescita (Regione Veneto, 2013).

Nonostante questi continui cambiamenti, infatti, permangono quelle caratteristiche tipiche di polverizzazione dell'agricoltura veneta: le aziende con meno di 5 ettari sono

quasi i tre quarti del totale ed occupano meno del 20% della SAU regionale, mentre le aziende agricole sopra i 50 ettari rappresentano meno del 2% del totale ma rappresentano quasi un terzo degli oltre 800mila ettari registrati nel 2010.

	<b>Superficie Agricola Utilizzata (SAU)</b>			
	<b>2010</b>	<b>2000</b>	<b>Variazione assoluta</b>	<b>Variazione percentuale</b>
Verona	171.826	177.347	-5.521	-3,1
Vicenza	92.854	113.801	-20.947	-18,4
Belluno	45.946	52.815	-6.869	-13,0
Treviso	127.230	138.149	-10.918	-7,9
Venezia	113.303	119.836	-6.533	-5,5
Padova	135.418	135.363	55	0,0
Rovigo	119.742	113.965	5.777	5,1
VENETO	806.319	851.276	-44.956	-5,3
ITALIA	12.885.186	13.183.407	-298.221	-2,3

Tab. 19 – Superficie Agricola Utilizzata ripartita per provincie venete.  
Fonte: Elaborazioni Regione Veneto - Direzione Sistema Statistico Regionale su dati 6° (provvisori) e 5° Censimento Generale dell'Agricoltura.

Nell'ultimo trentennio, gli orientamenti produttivi sono rimasti pressoché invariati: più di due terzi della superficie delle aziende venete è dedicata ai seminativi (Tab. 20), con un leggero aumento a scapito soprattutto della superficie a prati e pascoli che passa dal 21% del 1982 al 16% del 2010; le coltivazioni legnose, di cui la parte del leone la fa certamente la vite coprendone quasi i tre quarti, rimangono stabili in rapporto percentuale alla totalità della SAU.

	<b>Seminativi</b>			
	<b>Numero di Aziende</b>		<b>Superfici (ha)</b>	
	<b>2010</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2000</b>
Verona	8.686	12.001	96.573	97.755
Vicenza	10.856	16.285	52.360	56.099
Belluno	1.058	3.408	4.143	5.153
Treviso	21.665	29.817	78.886	85.484
Venezia	15.413	21.987	103.524	108.543
Padova	27.817	35.551	116.985	116.626
Rovigo	7.395	9.955	115.575	109.955
VENETO	92.890	129.004	568.046	579.615
ITALIA	834.650	1.273.567	7.014.892	7.284.408

Tab. 20 – Numero di aziende e superfici destinate a seminativo - Elaborazioni Regione Veneto - Direzione Sistema Statistico Regionale su dati 6° (provvisori) e 5° Censimento

A livello regionale, così come in altre realtà agricole italiane, la dotazione di uno dei principali indicatori della fertilità di un suolo come il carbonio organico, strettamente legato alla parametrizzazione della sostanza organica, risulta essere non ottimale, in particolare, in pianura padana dove il 40-80% dei terreni esaminati viene considerato scarsamente dotato di sostanza organica.

Anche in Veneto quindi, così come per altre regioni italiana ad alta vocazione agricola, l'intensificazione colturale ha provocato un decremento del contenuto di carbonio organico (CO) nel suolo tanto che sono ben 155 i Comuni nei quali almeno il 50% del loro territorio ha un contenuto di sostanza organica inferiore al 2% (ARPAV, 2008).

Analisi condotte da ARPAV sui primi 30 cm di suolo, evidenziano che circa il 17-18% della superficie territoriale di pianura contiene quantità di sostanza organica molto basse (inferiori a 1% come previsto dal Regolamento 1782/03 COM (2006) 232) e quasi i 2/3 del territorio di pianura presentano valori medi e poco meno del 20% restante presenta una situazione abbastanza buona.

La distribuzione geografica sembra riflettere in modo preponderante le caratteristiche morfologiche e pedologiche. I valori più bassi si riscontrano soprattutto nella parte meridionale (Fig. 28), dove sono prevalenti terreni ad elevato contenuto sabbioso e nei dossi in corrispondenza degli alvei fluviali della zona centrale della pianura.

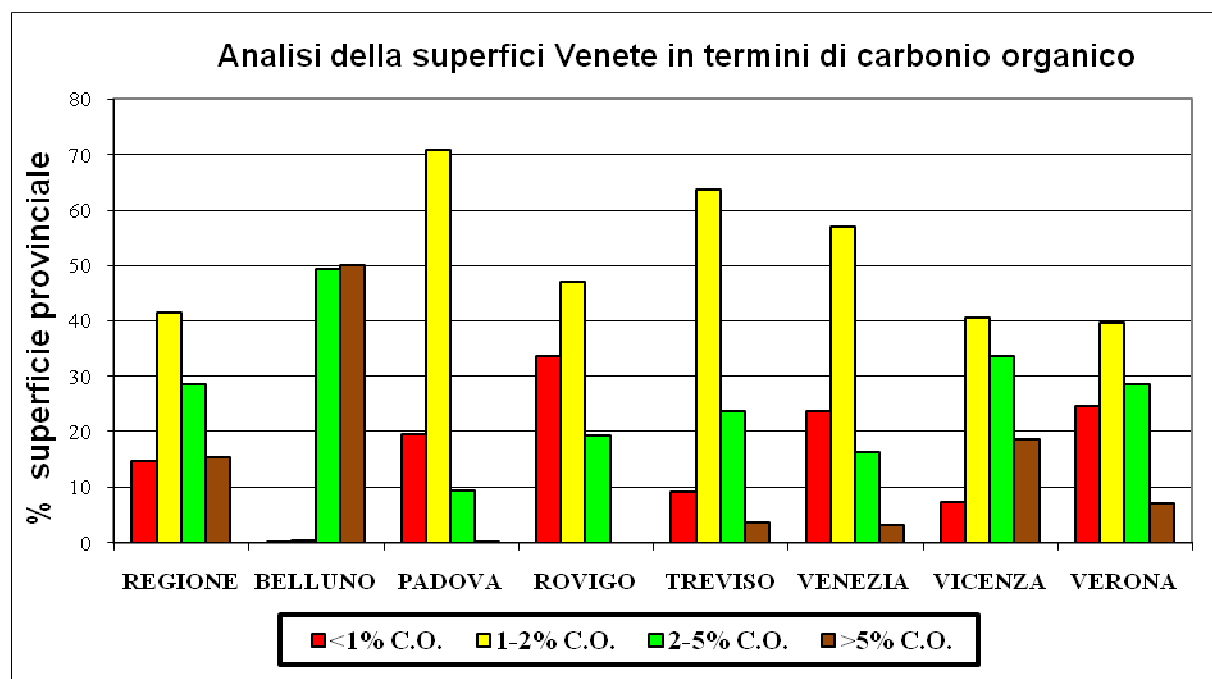


Fig. 28 – Percentuale della superficie provinciale nelle diverse classi di contenuto di carbonio organico (%) nei primi 30 cm di suolo. Fonte ARPAV 2010

La riduzione degli allevamenti e la diffusione della monocoltura maidicola, potrebbero aver accentuato il fenomeno. Infatti, le zone che presentano le concentrazioni minori sono in aree di pianura, laddove l'uso agricolo intensivo senza apporti di sostanze organiche per mezzo di deiezioni zootecniche o altri ammendanti, e soprattutto in presenza di suoli a tessitura grossolana, porta inevitabilmente ad una progressiva riduzione del carbonio organico del suolo fino ad un limite minimo di equilibrio.

Le province che hanno la maggior presenza di suoli con dotazione di carbonio organico basso (< 1%) sono Rovigo, Verona, Venezia e Padova; all'opposto il bellunese presenta i suoli con la più alta dotazione in carbonio organico (Fig. 29) (ARPAV 2010).

La conoscenza e il continuo monitoraggio del contenuto di carbonio organico rappresentano anche la base di partenza per stabilire la consistenza del ruolo che i suoli veneti possono avere nello stoccaggio dell'anidride carbonica, e quindi nella riduzione dell'effetto serra principalmente responsabile dei cambiamenti climatici (ARPAV 2010)

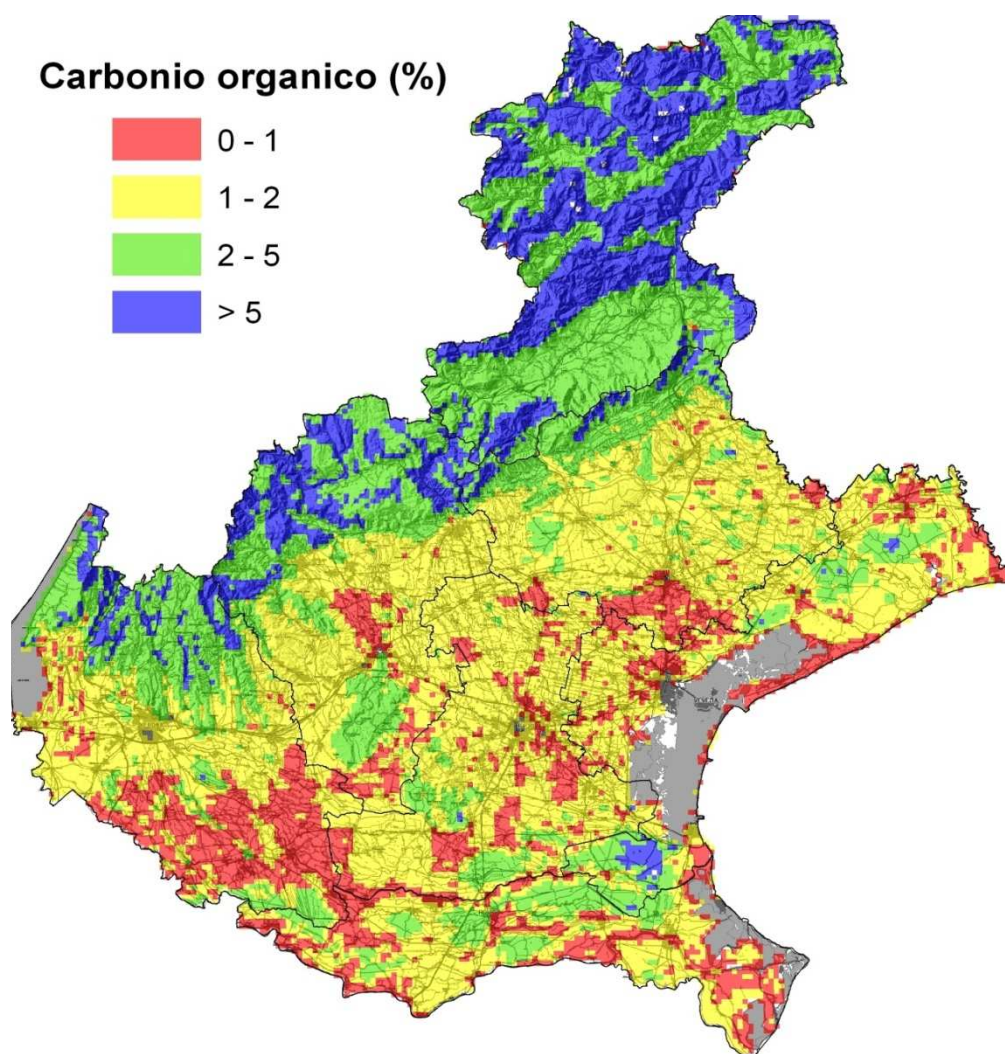


Fig. 29 – Rappresentazione relativa alla rilevazione territoriale di carbonio organico espresso in percentuale. Profondità di indagine 0-30 cm. Fonte ARPAV 2010.

## 5.2 L'introduzione delle Misure Agro - ambientali

Secondo quanto stabilito dalla programmazione europea, i pagamenti Agro - ambientali, perseguono l'obiettivo di favorire una gestione sostenibile dei terreni agricoli, in particolare promuovendo la salvaguardia delle risorse idriche, la tutela della risorsa suolo, la salvaguardia e la valorizzazione della biodiversità, del paesaggio agrario e il miglioramento della qualità dell'aria.

Il perseguimento di tali obiettivi, promuovendo una crescita sostenibile, contribuisce da un lato ad accrescere la competitività e la coesione sociale del sistema regionale e dall'altro a migliorare il livello di fertilità dei suoli europei.

Le Misure Agro-ambientali inducono quindi effetti complessi sul suolo e più in generale sull'agrosistema non sempre di facile individuazione e quantificazione.

Fra le diverse Sottomisure quella dedicata all'applicazione delle tecniche di AC, tende a modificare il suolo attraverso percorsi, in parte diversi da quelli dell'agrosistema convenzionale e più simili a quelli tipici degli ecosistemi naturali.

In particolare, il mantenimento in superficie del residuo colturale e la preservazione del profilo del terreno che esclude la possibilità di eseguire anche un solo parziale interrimento, generano dinamiche chimico-fisiche e soprattutto biologiche sul e nel suolo diverse rispetto alle altre Sottomisure dedicate per lo più a correttivi di una agricoltura più convenzionale.

Le lavorazioni basate su aratura tendono infatti a costituire uno strato di terreno omogeneo per caratteristiche chimico-fisiche e biologiche di profondità pari a quella della lavorazione. Nell'AC (attuata mediante semina su sodo) e nei prati stabili può costituirsi in tempi anche relativamente brevi un gradiente nelle caratteristiche agronomiche lungo il profilo verticale del suolo. Ad esempio il contenuto di sostanza organica tende a ridursi col progredire della profondità ed è massimo in prossimità della superficie.

Nel contesto agronomico del Veneto, per lo più caratterizzato da suoli con contenuti di sostanza organica molto bassi, il parametro che meglio può riassumere le variazioni indotte sul suolo dalle Misure Agroambientali è il contenuto di sostanza organica (Soil Organic Matter – SOM) in quanto in relazione ad una sua variazione si modificano

aspetti fondamentali della fertilità e coltivabilità dei suoli agrari e, più in generale, della qualità e produttività dell'ecosistema agricolo.

A titolo esemplificativo e certo non esaustivo, si sintetizzano gli effetti che una variazione positiva nel contenuto di sostanza organica nel suolo può determinare.

*Climate change:* la sostanza organica nel suolo sottrae carbonio all'atmosfera

- Incremento dello stock di carbonio immobilizzato nel suolo;
- Incremento la complessità del ciclo del carbonio;
- Incremento dell'attività microbiologica;

*Fertilizzazione colturale:* la sostanza organica incide positivamente sull'aspetto nutrizionale delle colture agrarie

- Preserva gli elementi dalla loro dispersione nell'ambiente, mantenendoli all'interno dello strato esplorato dall'apparato radicale.
- Riduzione della dispersione nell'ambiente (fenomeni di lisciviazione, run-off);
- Rende disponibili i nutrienti, attraverso processi biochimici (mineralizzazione, etc.), in periodi nei quali è possibile l'attività vegetativa;
- Aumenta la capacità di scambio cationico (CSC) portando ad una maggiore e più equilibrata disponibilità di elementi nutritivi all'interno della soluzione circolante;

*Biodiversità:* la sostanza organica è la base della catena trofica nel suolo

- Substrato per lo sviluppo e fonte alimentare per microrganismi tellurici;

*Erosione:* la sostanza organica è il "legante" degli aggregati di terreno:

- ✓ Maggiore stabilità della struttura del suolo;
- ✓ Protezione del suolo quando il residuo colturale è lasciato in superficie;
- ✓ Protezione dall'erosione idrica mediante l'attenuazione dell'energia cinetica della goccia di pioggia e il rallentamento dello scorrimento superficiale dell'acqua con conseguente riduzione del trasporto solido.
- ✓ Protezione dall'erosione eolica, una problematica sottostimata nelle aree di bonifica

*Transitabilità e lavorabilità dei suoli:* la sostanza organica conferisce

- Maggiore resistenza al compattamento.
- Aumento dell'intervallo di contenuto d'acqua (stato di tempera).

### **5.2.1 La Misura 214/i del PSR del Veneto 2007 – 2013**

A livello nazionale, la Regione Veneto è stata la prima regione a predisporre una apposita misura per la promozione di una gestione agro-compatibile delle superfici agricole. Infatti, all'interno del Programma di Sviluppo Rurale del Veneto 2007-2013 è stata redatta la misura 214/i con le azioni 1 e 2, per favorire la diffusione della gestione agronomica del suolo secondo i criteri dell'AC, prevedendo la corresponsione di un contributo di 400,00 €/ha per le aziende che vi aderiscono.

L'azione 1 della misura 214/i prevede l'adozione dell'AC, la quale comprende un sistema di pratiche agronomiche finalizzate a diminuire i processi di degradazione strutturale del terreno coltivato e ad aumentare la capacità di conservazione dell'acqua nel profilo. Tali tecniche colturali sono promosse nell'ottica del mantenimento e della tutela della risorsa suolo, perseguendo altresì lo scopo di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera. In tale contesto, la semina su sodo, che rappresenta una modalità molto incisiva di AC, e che viene proposta in via esclusiva nell'azione, definisce un percorso "virtuoso", nell'ambito di interventi mirati alla riduzione di gas ad effetto serra, grazie alle ridotte esigenze energetiche delle formazioni colturali che richiede e alla capacità di preservare gli stock di carbonio del suolo, diversamente dalle lavorazioni meccaniche tradizionali, che caratterizzano il contesto dell'ordinarietà operativa per le superfici a seminativo.

L'impegno delle aziende agricole consiste nell'adottare tecniche conservative su almeno il 25% della superficie aziendale con un minimo di 1 ha e mantenuto per almeno 5 anni. Obbligatorio adottare la tecnica della semina su sodo senza alterarne la struttura preesistente, salvo una fascia ristretta dalla larghezza di 8-10 cm ed una profondità di 6-8 cm in corrispondenza di ogni fila di semina. Il divieto di inversione degli strati del profilo attivo del terreno richiede inevitabilmente un modello di successione colturale rispettoso dei criteri dell'AC, ovvero prevedendo l'alternanza di cereali autunno vernini o colza/altre crucifere, mais e soia.

È condizione obbligatoria il divieto di risemina sulla medesima superficie del mais, in qualità di coltura principale, per due anni consecutivi e la trinciatura dei residui colturali della coltura seminativa principale del mais, qualora non raccolto allo stato ceroso.

In ogni caso vanno mantenuti in loco tutti i residui colturali e le stoppie delle colture seminatrici principali (mais, soia, frumento, colza) secondo la tecnica del mulching.

Deve essere assicurata la copertura continuativa del terreno durante tutto l'arco dell'anno, attraverso la semina, successivamente alla raccolta della coltura seminativa principale, di: erbai primaverili - estivi (erbai intercalari di graminacee oppure da miscugli di graminacee ed altre specie), di cui è ammessa la raccolta, oppure di cover crops autunno-vernini costituite in prevalenza da specie erbacee graminacee.

Le tipologie di specie erbacee adottabili come cover crops sono: Sulla, Lupinella, Dactylis glomerata, Loietto o altre graminacee, trifogli, crucifere (Rafano, Senape, Brassica, Facelia, tranne in precessione al mais perché possono determinare allelopatie). Solamente a fine ciclo della cover crops è permesso, in via esclusiva, l'utilizzo di disseccanti totali per la sua devitalizzazione, preliminarmente e in modo funzionale all'avvio delle operazioni di semina primaverile della coltura principale successiva.

Durante la stagione vegetativa della coltura principale, la somministrazione di azoto e fosforo deve avvenire in modo frazionato e localizzato, con analogo riferimento anche per quanto riguarda gli interventi di controllo delle infestanti sulla coltura principale.

L'analisi chimico-fisica dei terreni (suddivise per appezzamenti) deve avere cadenza annuale, al fine di stabilire il loro grado di attitudine all'attivazione delle tecniche di non lavorazione e di monitorarne successivamente in corso di impegno i parametri, riportandoli nell'apposito registro degli interventi colturali.

A cadenza mensile occorre redigere il registro degli interventi colturali, che, per quanto riguarda ciascuna annualità dell'impegno quinquennale, include: o i risultati delle analisi chimiche del terreno, sulle superfici aziendali sottoposte ad impegno, o la coltura seminativa principale, gli erbai primaverili/estivi o le colture di copertura (cover crops) adottate negli appezzamenti ad impegno; o infine, le date di semina, di fertilizzazione e dei trattamenti con agrofarmaci e di devitalizzazione delle cover crops.

In casi giustificati da condizioni pedoclimatiche particolarmente sfavorevoli (presenza di anossia radicale, eccessivo compattamento del suolo o evidenti fenomeni di ristagno) e preliminarmente comunicati dall'agricoltore e autorizzati possono essere adottate tecniche di non lavorazione profonda mediante l'uso di decompattatori.

L'azione 2 riconosce pagamenti agro-ambientali a quelle successioni colturali che vanno a favorire la diminuzione del trend della concentrazione di nitrati rilevati nelle acque superficiali e di falda, monitorati sul territorio della Regione del Veneto.

Tali successioni colturali, infatti, presentano avvicendamenti di particolare valore nel mantenimento della qualità della risorsa idrica poiché siano contraddistinti dalla



possibilità di ampliare il periodo di attività radicale delle colture, inteso come un “filtro naturale” dell’azoto presente nella soluzione circolante del terreno. Inoltre, mediante l’introduzione di cover crops nella successione colturale, si propone la copertura dei terreni agrari anche nei periodi di minore attività vegetativa, consentendo di ridurre i potenziali rilasci in falda dei nutrienti, e, peraltro, ottimizzando la disponibilità della risorsa idrica nel profilo dello strato attivo del terreno.

È obbligo dell’azienda agricola applicare successioni colturali che prevedano l’alternanza di cereali autunno-vernini o colza/altre crucifere o altre colture erbacee autunno vernine, mais, soia, barbabietola. Come coltura principale si potrà adottare: mais o sorgo; soia; cereali autunno vernini, colza/altre crucifere o altre colture autunno vernine; bietola da zucchero o da foraggio. La semina di cereali autunno-vernini, colza o altre colture erbacee dovrà avvenire per almeno 2 anni nei 5 di impegno.

Le cover crops autunno vernine (costituite in prevalenza da specie erbacee graminacee) dovranno essere seminate almeno 3 volte nei 5 anni di impegno, in successione a mais, sorgo, soia, barbabietola, qualora tali superfici non vengano direttamente riutilizzate per la semina autunnale di frumento, altri cereali autunno vernini, colza ravizzone/altre crucifere o altre colture erbacee autunno invernali.

Le tipologie di specie erbacee adottabili per cover crops sono: sulla, lupinella, *Dactylis glomerata*, loietto o altre tipologie di graminacee, trifogli, crucifere (Rafano, Senape, Brassica, Facelia, tranne in precessione al mais perché determinano allelopatie radicali). Non è concesso l’utilizzo sulle cover crops di alcun tipo di fertilizzante, né effluenti zootecnici, né concimi di sintesi chimica, né presidi fitosanitari o diserbanti.

Il sovescio delle cover crops dovrà avvenire esclusivamente prima della semina della coltura principale successiva.

La semina di erbai primaverili - estivi dovrà avvenire per almeno due anni sui cinque di impegno in successione a cereali autunno-vernini, colza ravizzone/altre crucifere o altre colture erbacee autunno invernali, al fine di assicurare la copertura continuativa della superficie arativa durante il periodo di intensa mineralizzazione della sostanza organica. Annualmente dovrà essere effettuata un’analisi annuale chimico-fisica dei terreni al fine di determinarne le dotazioni nutrizionali nel periodo d’impegno.

Entrambe le azioni intervengono quindi sul ciclo della sostanza organica con riflessi positivi sul contenuto di carbonio organico del suolo, potenzialmente elevati per l’azione 1, minori, ma già ampiamente verificati, per l’azione 2.

Si può notare poi come l'azione 1 contenga anche le principali prescrizioni virtuose proprie dell'azione 2, con la non trascurabile differenza dell'impossibilità di effettuare l'incorporazione nel suolo della vegetazione e del residuo.

Fra gli obiettivi specifici del PSR perseguiti dall'azione 1, vi è anche la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) mediante la capacità da molti riconosciuta di preservare (o aumentare) gli stock di carbonio del suolo e attraverso la contrazione delle esigenze energetiche di coltivazione.

In particolare, l'azione 1 riduce fortemente i costi per la lavorazione del suolo e, almeno in linea teorica, conduce ad una contrazione dei fabbisogni energetici derivanti dall'impiego di agrochimici.

La preservazione o l'incremento del contenuto di carbonio organico nel suolo è riconducibile a diversi fattori che, a seconda delle condizioni, possono assumere intensità diverse. Va innanzitutto riconosciuto l'effetto positivo prodotto dalla non lavorazione del terreno che evita la perdita di carbonio organico dovuta ad una eccessiva ossigenazione. Un secondo fattore, anche questo di difficile valutazione su scala territoriale, è legato alla diversa gestione del residuo vegetale, che in nessun caso prevede l'interramento. Un terzo aspetto è legato al notevole incremento della disponibilità di residui dovuti al divieto di asportazione (vietata dunque la raccolta della paglia di cereale) e all'impiego di erbai primaverili - estivi e cover crops, e alla diversificazione tipologica del residuo imputabile alla rotazione delle colture.

L'ultimo aspetto è legato all'aumento della biodiversità nello strato attivo e più superficiale del terreno dalla quale dipende la trasformazione della grande quantità di biomassa resa disponibile dal percorso gestionale prescritto dalla misura.

Terreni soggetti per decenni ad una gestione convenzionale, raramente dispongono di un set-up micro e macro-biologico adeguato alle nuove esigenze. Questo, secondo alcuni, spiega le difficoltà che si incontrano nell'implementazione di questo sistema di gestione e gli insuccessi.

La necessità di garantire un periodo adeguato per la conversione ecologica dell'agroecosistema è uno dei motivi che dovrebbero consigliare gli enti preposti a reiterare sugli stessi terreni misure che prevedano un sostegno economico per questa modalità di produzione. Nelle aree geografiche dove questo sistema di gestione ha riscosso maggior successo, prima fra tutti il Sud America, i suoli provenivano da una gestione convenzionale che prevedeva lavorazioni decisamente meno intense, con un uso dell'aratro saltuario, di quelle tipiche della Regione Veneto.

Appare evidente che iniziato questo percorso virtuoso bisogna dare la possibilità di completarlo, perché solo così il sistema si potrà affermare e consolidare come modello di gestione economicamente sostenibile.

Le superfici oggetto d'impegno, ricadono quasi interamente in pianura, e presentano una discreta variabilità colturale come evidenziato dalla tabella sottostante (Tab.21).

<b>Colture sottomisura 214/i</b>	<b>Superficie in pianura (ha)</b>	<b>Superficie in collina (ha)</b>	<b>Superficie montagna (ha)</b>	<b>Superficie totale (ha)</b>	<b>Superficie totale (%)</b>
Barbabetola da zucchero	44,4	-	-	44,4	1,3
Cereali, A.V. minori	53,7	-	-	53,7	1,6
Cereali, Grano duro	127,3	-	-	127,3	3,8
Cereali, Grano Tenero	839,9	1,0	-	840,9	25,4
Cereali, Mais	768,6	-	-	768,6	23,2
Cereali, Orzo	63,2	-	-	63,2	1,9
Colza e ravizzone	77,9	-	-	77,9	2,4
Soia	1.292,0	-	-	1.292,0	39,0
Sorgo	26,4	-	-	26,4	0,8
Girasole e altre colture minori	20,8	-	-	20,8	0,6
<b>Totale</b>	<b>3.314</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>3.315</b>	<b>100</b>

Tab. 21 – Ripartizione colturale delle superfici impegnate misura PSR 214/i.

L'analisi colturale per "azione" consente di apprezzare gli effetti prodotti sulle scelte (Tab. 22).

<b>Colture presenti nella sottomisura I</b>	<b>Azione 1 (ha)</b>	<b>Azione 2 (ha)</b>	<b>Superficie totale (ha)</b>
Barbabetola da zucchero	-	44,4	44,4
Cereali, autunno vernini minori	14,1	39,6	53,7
Cereali, Grano duro	103,0	24,4	127,3
Cereali, Grano Tenero	567,3	273,6	840,9
Cereali, Mais	253,2	515,4	768,6
Cereali, Orzo	46,5	16,7	63,2
Colza e ravizzone	49,4	28,5	77,9
Soia	1.012,9	279,1	1.292,0
Sorgo	23,2	3,1	26,4
Girasole e colture minori	18,4	2,4	20,8
<b>Totale</b>	<b>2.088</b>	<b>1.227</b>	<b>3.315</b>

Tab. 22 – Ripartizione delle superfici tra azione 1 ed azione 2 afferenti alla misura PSR 214/i.

## 5.2.2 Aspetti tecnico-economici relativi alla Misura 214/i – Azione 1

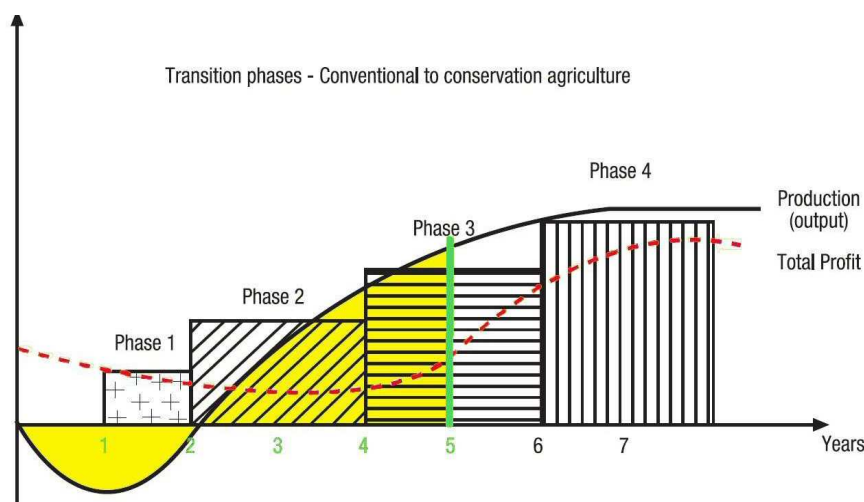
L'obiettivo dell'AC è quello di promuovere una gestione compatibile del terreno agrario ottimizzando l'uso delle riserve fossili e contribuendo a ridurre il depauperamento della sostanza organica attraverso la non-lavorazione del terreno e favorendo il rimescolamento naturale degli strati del profilo ad esclusiva opera della fauna tellurica, degli apparati radicali delle piante e dei microrganismi presenti nel terreno (Regione Veneto, 2011).

Da un punto di vista tecnico-economico, lo sviluppo della Misura 214/i – azione 1 è partito dall'affermata consapevolezza che l'introduzione delle tecniche riconducibili all'AC nei contesti agricoli tradizionali che caratterizzano l'ordinarietà operativa nella Regione Veneto, può essere attuata attraverso 3 fasi distinte, ciascuna delle quali può presentare durata pluriennale.

Inizialmente, infatti, viene interrotta la lavorazione tradizionale, sostituendola con la semina su sodo, abbinata al mulching, alla semina di erbai e di cover crops, che comporta una iniziale flessione altamente significativa delle rese (Fig. 30, in corrispondenza degli anni 1 e 2).

A questa prima fase segue una seconda (Fig. 30, in corrispondenza degli anni da 2 a 4), nella quale si assiste ad un miglioramento progressivo delle condizioni del suolo e della fertilità, grazie alla sostanza organica mineralizzata prodotta dalla decomposizione dei residui colturali rimasti a copertura delle superfici coltivate o prodotta dalle cover crops. Durante la terza fase (Fig. 30, in corrispondenza degli anni da 4 a 5) è possibile reintrodurre progressivamente rotazioni colturali che stabilizzino le produzioni e le rese aziendali, fino al raggiungimento e al mantenimento dell'equilibrio culturale ed ambientale, che generalmente avviene non prima del sesto/settimo anno dall'introduzione della tecnica. In tal modo, si ha di riflesso una diminuzione progressiva delle sostanze chimiche convenzionalmente utilizzate per il controllo fitosanitario e di specie infestanti.

L'Azione 1 della misura 214/i è, pertanto, volta ad accompagnare l'agricoltore nella fase di transizione sopra descritta, nel primo periodo quinquennale, al fine di permettere il riconoscimento dei maggiori costi e dei mancati redditi derivanti dall'adozione di tale sistema colturale almeno fino al raggiungimento delle condizioni agronomiche e pedologiche del nuovo equilibrio (Regione Veneto, 2011).



First phase: improvement of tillage techniques; second phase: improvement of soil conditions and fertility; third phase: diversification of cropping pattern; fourth phase: the integrated farming system is functioning smoothly  
Source: FAO, 2004

Fig. 30 – Costi relativi alla fase di transizione “Addressing SOIL degradation in EU agriculture: relevant processes, practices, and policies.” (Regione Veneto, 2011).

La misura 214/i, nell’Azione 1, si concretizza, pertanto, nell’adozione di un insieme di pratiche agronomiche conservative, costituite dall’inserimento di *cover crops*, erbai primaverili-estivi e gestioni dei residui colturali in specifiche colture seminate, provocando il minimo disturbo possibile al profilo del suolo, senza inversione degli strati, e intervenendo nel controllo selettivo delle infestanti (Regione Veneto, 2011).

La caratteristica principale di tale tecnica è, infatti, la presenza di una copertura vegetale, viva o morta, permanente o semipermanente, che fornisca nutrimento per la comunità biotica del suolo (microrganismi, lombrichi...) con l’aiuto, soprattutto nella fase di transizione dai metodi di coltivazione convenzionali, di mezzi tecnici (agrofarmaci e fertilizzanti), che vengono impiegati frazionati, in dosi ed epoche appropriate.

L’insieme delle tecniche colturali sopra descritte generano alcuni costi aggiuntivi e spiccati mancati redditi, nel periodo di transizione, rispetto alle tecniche agronomiche convenzionali (Regione Veneto, 2011).

In particolare, è stato conteggiato nel calcolo economico di determinazione del premio che:

- La resa areica delle colture agrarie tende a contrarsi, transitoriamente, anche in modo significativo e direttamente proporzionale alle caratteristiche biologico/fenologiche delle colture seminate praticate (la riduzione è

particolarmente elevata laddove manca la capacità di accostamento da parte delle colture [mais]). Il cambiamento della gestione del terreno comporta una riduzione, almeno nei primi 5 anni di adozione delle tecniche conservative della resa della coltivazione, che può arrivare anche a una media del 15-20% delle produzioni ottenibili con metodi convenzionali, considerati i livelli di produttività anche molto elevati raggiunti nelle aree seminate vocate del Veneto.

- L'impiego di nuove macchine operatrici e delle tecniche dell'AC determinano un numero inferiore di operazioni meccaniche sulle superfici coltivate, che si traducono in una diminuzione dei costi delle operazioni ed in un risparmio di combustibile fossile;
- Il frazionamento degli interventi di somministrazione localizzata di azoto e fosforo e quelli di controllo delle infestanti nel periodo di transizione determinano un aumento di costi che non è bilanciato dall'incremento potenziale di produttività originato dalla maggior efficienza della localizzazione azoto, fosforo e agrofarmaci, in quanto le colture risentono in maniera prevalente delle variate condizioni biologiche e pedologiche che caratterizzano il periodo di transizione dalla gestione con tecniche convenzionali;
- Le operazioni di trinciatura dei residui colturali determinano maggiori costi in quanto si tratta di operazioni non ordinariamente effettuate nelle tecniche convenzionali (peraltro, la rendicontazione economica ne tiene conto esclusivamente qualora presente la coltura del mais);
- L'introduzione di *cover crops* è un costo aggiuntivo per l'azienda, tanto più che le colture di copertura autunno-vernine sono soggette a trattamento disseccante all'inizio della primavera, al fine di rendere possibile la formazione di biocanali che permettono l'approfondimento radicale delle colture di nuova semina e il trasferimento dell'umidità alle diverse profondità del profilo. Tali operazioni di contenimento dell'infestante tramite disseccanti totali risultano fondamentali poiché inizialmente l'ambiente risponde pedologico risponde incrementando in modo esponenziale la germinabilità delle infestanti disseminate sulla superficie del suolo, che trovano le condizioni ambientali stimolanti la loro germinazione.

Prima della descrizione analitica delle singole voci di costo e di mancato reddito, va specificato che le tecniche di AC, rispetto alle tecniche di Agricoltura Convenzionale, prevedono necessariamente l'applicazione di un modello di successione colturale, che presenta l'alternanza, come colture principali della rotazione, di cereali autunno-vernini o colza, mais e soia (Tab. 23).

	Agricoltura Convenzionale	Agricoltura Conservativa
Anno	Coltura	Coltura
1	Frumento	Frumento
2	Mais	Mais
3	Soia	Soia
4	Mais	Frumento
5	Mais	Mais

Tab. 23 – Confronto tra differenti tipologie di successione colturale riscontrabili nell'ambito dell'Agricoltura Convenzionale e con l'adozione delle tecniche di Agricoltura Conservativa (Regione Veneto, 2011).

Ognuna delle colture riportate in tabella 24 è direttamente correlata a costi specifici e margini lordi differenziati. Pertanto, la quantificazione delle maggiori spese e dei mancati redditi tiene necessariamente conto, nell'ambito dell'impegno quinquennale, dell'incidenza relativa di tali voci nella determinazione finale del pagamento.

Infatti, come esplicitato, la frequenza delle colture presenti in successione incide sul peso relativo dei costi e dei margini lordi, nell'ambito del quinquennio di impegno.

Anno	Agricoltura convenzionale		Agricoltura Conservativa				
	Coltura	Margine lordo (A)	Coltura	Margine lordo (B)	Cover Crops (C)	Costi aggiuntivi (D)	Costo trinciatura (E)
1	Frumento	547	Frumento	526	0	74	0
2	Mais	721	Mais	573	232	74	54
3	Soia	577	Soia	545	232	74	0
4	Mais	721	Frumento	526	0	74	0
5	Mais	721	Mais	573	232	74	54
<u>Media</u>		657		548	139	74	22
Margine Lordo (A – B) (€/ha)						109	

Costo Cover-crops (€/ha)	139
Costi aggiuntivi Azione 1 (€/ha)	
- Distribuzione frazionata e localizzata di azoto e fosforo	31
- Frazionamento degli interventi di controllo infestanti	43
Costo trinciatura (€/ha)	22
Costi di transazione (€/ha)	
- Costo annuale presentazione domanda	3
- Costo gestione domanda per ettaro	24
- Costo annuale registro interventi	3
- Costo annuale analisi chimico-fisica terreno	26
TOTALE	400 €

Tab. 24 – Esempio di successione colturale e dei relativi costi/mancati redditi nell’ambito dell’impegno quinquennale. Confronto Agricoltura convenzionale e Agricoltura conservativa (Regione Veneto, 2011).

L’alternanza delle colture in successione nel quinquennio di impegno si traduce nel valore medio quinquennale di margine lordo riportato in calce in corrispondenza del rigo “media”. La differenza tra il margine lordo medio della tradizionale gestione aziendale rispetto a quello realizzabile con l’applicazione dell’AC, nonché la differenza dei costi di realizzazione delle cover crops, del frazionamento degli input di fertilizzanti e agrofarmaci, di trinciatura degli stocchi di mais (qualora presente) e dei costi aggiuntivi e di transazione concorrono alla determinazione del pagamento per unità di superficie pari a 400€/ha (Regione Veneto, 2011).

*Analisi della differenziazione del Pagamento Agroambientale tra gli ambiti di pianura e collina (Istat)*

Al fine di evitare una sovracompensazione del pagamento riconosciuto fra ambiti diversamente produttivi della Regione del Veneto, è stato tenuto conto anche della diversificazione tra resa e costi delle operazioni colturali rilevata per le zone di pianura e le corrispondenti rese e costi rilevati per le zone di collina (mediante valori ISTAT).

In entrambe le zone, sono stati determinati i margini lordi che differenziano le redditività delle tecniche convenzionali e delle tecniche di AC, i costi specifici delle operazioni attuate attraverso tutti gli impegni previsti dall’Azione 1.

Il conteggio effettuato ha tenuto conto dei diversi margini lordi originati sia in pianura che in collina, sulla base della distinta banca dati RICA di riferimento per il quadriennio



2001- 2004. È stato inoltre tenuto conto quindi della differenziazione di resa colturale dei medesimi seminativi in entrambe le aree oggetto di indagine nel quadriennio 2001-2004 di riferimento (Regione Veneto, 2011).

Infine, è stata valutata la diversa incidenza dell'onerosità delle operazioni meccaniche (nel caso della collina richiedono tempi leggermente superiori al fine di assicurare, da un lato, il rispetto dei dovuti requisiti di sicurezza da parte degli operatori, dall'altro, della maggiore parcellizzazione fondiaria delle superfici, che costringono a maggiori tempi morti nel raggiungimento dei corpi fondiari aziendali in collina).

Per quanto attiene la differenziazione territoriale di applicazione dell'Azione 1 (Tab. 25) si riportano le singole voci che verranno di seguito dettagliate e descritte e che concorrono alla determinazione dei rispettivi valori del pagamento per ettaro.

Nei due casi distinti la quantificazione complessiva del pagamento per ettaro di superficie in collina ISTAT risulta pari a 411 euro /ha, che corrisponde ad un valore superiore del 3% rispetto al pagamento calcolato nel caso della pianura ISTAT, pari a 400 euro /ha, per lo stesso periodo di riferimento quadriennale 2001-2004.

Tenuto conto dei ridotti margini di differenza fra i due ambiti territoriali esaminati, si è optato per l'adozione di un valore unitario di rendicontazione pari a 400€/ha.

	<b>Agricoltura conservativa Collina</b>	<b>Agricoltura conservativa Pianura</b>
A – Margine Lordo (€/ha)	93	109
B – Costo Cover-crops (€/ha)	150	139
C – Costi aggiuntivi Azione 1 (€/ha) - Distribuzione frazionata e localizzata di azoto e fosforo - Frazionamento degli interventi di controllo infestanti	86	74
D – Costo trinciatura (€/ha)	25	22
E – Costi di transazione ( €/ha) - Costo annuale presentazione domanda - Costo gestione domanda per ettaro - Costo annuale registro interventi - Costo annuale analisi chimico-fisica terreno	57	56
<b>TOTALE (€/ha)</b>	<b>411</b>	<b>400</b>

Tab. 25 – Stima dei costi e dei mancati redditi annuali per gli interventi della misura 214/i – Azione 1 espressi in euro/ettaro/anno (Regione Veneto, 2011).

*Descrizione delle voci di calcolo che compongono il pagamento per unita' di superficie*

Per quanto riguarda la voce margine lordo (A), la tabella 26 riporta i valori relativi ai ricavi e alle spese tecniche collegate all'applicazione di tecniche agronomiche convenzionali e di AC definendo, per ognuna delle tre rappresentative colture, le relative differenze di resa, ricavi totali e spese specifiche, da cui il relativo margine lordo.

<b>Aspetti colturali</b>	<b>Agricoltura convenzionale</b>	<b>Agricoltura conservativa</b>	<b>Differenza</b>
<b>Frumento</b>			
Resa (q.li/ha)	59	52	-7
B – Prezzo (€)	14	14	0
C – Ricavi totali (€)	866	765	-101
- PLV prodotto principale	807	706	-101
- PLV prodotti secondari	59	59	0
D – Specie specifiche	319	239	-80
E – Margine lordo (C - D)	547	526	-21
<b>Mais</b>			
Resa (q.li/ha)	104	80	-23
B – Prezzo (€)	12	12	0
C – Ricavi totali (€)	1269	984	-285
- PLV prodotto principale	1266	981	-285
- PLV prodotti secondari	3	3	0
D – Specie specifiche	548	411	-137
E – Margine lordo (C - D)	721	573	-148
<b>Soia</b>			
Resa (q.li/ha)	40	35	-5
B – Prezzo (€)	22	22	0
C – Ricavi totali (€)	896	784	-112
- PLV prodotto principale	896	781	-112
- PLV prodotti secondari	0	0	0
D – Specie specifiche	319	239	-80
E – Margine lordo (C - D)	577	545	-32

Tab. 26 – Esempio di stima dei valori medi delle variabili fisiche relative alle colture considerate al variare del metodo colturale nelle zone di pianura ISTAT

Il valore di sintesi riportato in tabella 25, pari a 109 €/ettaro/anno evidenzia la diminuzione media di resa colturale (nei 5 anni) per la successione colturale esaminata.

La semina di colture intercalari di copertura (*cover crops*) comporta dei costi aggiuntivi (B) derivanti dall'acquisto, semina e devitalizzazione primaverile della coltura medesima. Il costo medio per la realizzazione di tali *cover crops* viene valutato in 232 €/ha per ogni intervento di messa a dimora di *cover crop*.

Considerata la presenza di *cover crops* in successione annuale a mais o soia, viene quantificato un costo, riferito a ognuno dei cinque anni di impegno, pari a 139 €/ha/anno, come viene evidenziato nella seconda e terza colonna della tabella 27.

<b>Costi</b>	<b>Veccia MIN</b>	<b>Veccia MAX</b>	<b>Veccia + grano MIN</b>	<b>Veccia + grano MAX</b>	<b>Trifoglio pratense + grano MIN</b>	<b>Trifoglio pratense + grano MAX</b>
	(€/ha)	(€/ha)	(€/ha)	(€/ha)	(€/ha)	(€/ha)
A – Semente	140	140	140	140	75	75
B –Preparazione letto di semina	90	90	0	0	0	0
C - Semina	27	27	9	9	27	27
D1 – Glifosate	54	54	54	54	54	108
<b>TOTALE</b>	<b>311</b>	<b>311</b>	<b>203</b>	<b>203</b>	<b>156</b>	<b>210</b>
Costo medio coltura intercalare: 232 €/ha						

Tab. 27 – Stima dei valori di costo collegati all'applicazione, nell'ambito dell'Agricoltura Conservativa, delle *cover crops* nelle zone di pianura.

Il calcolo sopra riportato descrive un possibile esempio di adozione di coltura intercalare e risulta dalla media dei valori ricavabili dalle colture del trifoglio e della veccia usate in miscugli con il grano. In ogni caso, le tipologie di *cover crops* adottabili con l'Azione 1 proposta sono: Sulla, Lupinella, *Dactylis glomerata* o altre graminacee, trifogli, crucifere (Rafano, Senape, Brassica, Facelia, tranne in precessione al mais perché determinano allelopatie radicali).

Per quanto riguarda i costi aggiuntivi, la necessità di effettuare interventi di concimazione frazionati e localizzati per la somministrazione di azoto e fosforo, nonché l'utilizzo mirato di agrofarmaci in dosi ridotte ma anche ripetute, comporta ulteriori

costi, stimati in 74 €/ha (Tosi, 2009). In tal caso si è considerato solo il costo delle operazioni aggiuntive necessarie per la distribuzione frazionata.

In sintesi, i costi aggiuntivi collegati all'Azione 1 e consistenti nella distribuzione frazionata e localizzata di azoto e fosforo comportano una spesa di 169 €/ha rispetto ai 138 € conseguenti alla distribuzione convenzionale (differenza 31€/ha). Mentre per quanto riguarda il frazionamento degli interventi per il controllo delle infestanti comporta una spesa pari a 122 €/ha rispetto ai 78 €/ha relativi ad un criterio di intervento convenzionale (differenza 43 €/ha).

La somma delle differenze costituisce una spesa aggiuntiva pari a circa 74 €/ha.

I costi aggiuntivi sopra riportati non sono stati inseriti nella quantificazione della differenza tra i margini lordi (Agricoltura Convenzionale – Agricoltura Conservativa), in considerazione della specificità che questi assumono nella tecnica colturale conservativa ed essendo, comunque, necessaria una valorizzazione dei medesimi in una voce a se stante, in quanto non confrontabili direttamente con analoghe voci di costo riferibili alla tecnica convenzionale (Regione Veneto, 2011).

Infine, ulteriori costi che sono stati riconosciuti in merito all'applicazione della misura 214/i – Az. 1 riguardano i costi di trinciatura (D) dei residui e i costi di transazione (E).

La valorizzazione del pagamento relativo all'operazione di trinciatura è considerato esclusivamente con riguardo agli stocchi di mais e pertanto, mediamente presente due volte nel quinquennio. Infatti, le operazioni di trinciatura dei residui colturali del mais implicano ulteriori costi, quantificabili, sulla base di prezziari delle aziende per servizi in contoterzi, in 54 €/ha (FIMAV, 2006), che, riportati al relativo costo medio, derivante dall'applicazione in due annate non successive della coltura del mais, nel quinquennio di impegno, assumono un valore pari 22 €/ha.

Relativamente ai costi di transazione, questi comprendono gli esborsi dovuti alla presentazione (3 €/ha) e gestione annuale della domanda (24 €/ha), redazione di un registro degli interventi colturali (3 €/ha) e analisi chimico-fisiche del suolo (26 €/ha) da effettuarsi per poter stabilire il loro grado di attitudine all'adozione delle tecniche di non lavorazione e per monitorare, da parte del beneficiario, i principali parametri pedologici del terreno nel periodo di transizione (Regione Veneto, 2011).

Non sono compresi nella rendicontazione del pagamento, i costi di semina dell'erbaio estivo, sebbene obbligatori per la corretta attuazione delle tecniche di gestione agronomiche previste dalla misura, e i possibili costi necessari alla loro irrigazione.

## CAPITOLO VI – OBIETTIVO DELLA TESI

Alla luce delle importanti considerazioni pocanzi presentate, il Veneto è stata la prima regione in Italia a predisporre nell'ambito del suo Programma di Sviluppo Rurale 2007 – 2013 una specifica misura (214/i) per promuovere una gestione agro-compatibile delle superfici agricole.

Fra le diverse Sottomisure, quella dedicata all'Agricoltura Conservativa (214/i – Azione 1) tende a modificare il suolo attraverso percorsi in parte diversi da quelli dell'agrosistema convenzionale e più simili a quelli tipici degli ecosistemi naturali.

Il mantenimento in superficie del residuo colturale e la preservazione del profilo del terreno che esclude la possibilità di eseguire anche un solo parziale interrimento, genera dinamiche chimico-fisiche e soprattutto biologiche sul e nel suolo diverse rispetto alle altre Sottomisure dedicate per lo più a correttivi di una agricoltura più convenzionale.

Un'approfondita analisi di questa sottomisura agro-ambientale del PSR ha rappresentato la principale attività di ricerca, che si è articolate in due attività entrambe eseguite presso aziende agricole aderenti alla misura 214/i situate nelle provincie di Rovigo, Treviso e Venezia: la prima ha avuto lo scopo di analizzare attraverso osservazioni dirette nel triennio 2010-2013 i principali fattori di riduzione dell'investimento colturale per mais e soia dovuti all'adozione della semina su sodo; la seconda ha mirato alla contabilizzazione del bilancio energetico e del Carbonio e, attraverso il modello previsionale SALUS, ha permesso di calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'adozione della misura fino al 2015, anno di chiusura della misura e per un periodo più lungo in previsione della proroga della stessa.



## **CAPITOLO VII – MATERIALI E METODI**

### **7.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull'investimento colturale nell'ambito della semina su sodo**

La Misura Agro-Ambientale 214/i – Azione 1 e 2 del PSR Veneto 2007-2013 è stata attivamente adottata dalle tre principali aziende pilota di Veneto Agricoltura in qualità di braccio operativo della Regione Veneto. In considerazione della particolare innovazione su larga scala promossa dalla misura stessa, le aziende pilota-dimostrative di Veneto Agricoltura hanno rivestito un ruolo importante sia per le aziende agricole che hanno aderito alla sopracitata misura che per la Regione promotrice.

Per le aziende, infatti, si è avviata un'attività sperimentale di verifica delle possibili problematiche agronomiche - economiche relative all'applicazione della misura in grado quindi di dare risposte per le questioni contingenti e per le problematiche di medio - lungo periodo, mentre, per la Regione Veneto tale sperimentazione ha rappresentato un importante scenario per valutare l'efficacia delle misure adottate rispetto agli obiettivi per cui sono state decise.

I siti sperimentali che hanno adottato la misura 214/i sono l'azienda agricola Diana di Mogliano Veneto (TV), l'azienda agricola Sasse-Rami di Ceregnano (RO) e l'azienda agricola ValleVecchia di Caorle (VE). La dislocazione di tali aziende in realtà produttive notevolmente differenti dal punto di vista pedoclimatico ha permesso di valutare in modo attendibile il grado di adattabilità delle tecniche riconducibili all'AC nelle realtà agricole venete.

Da un punto di vista strettamente sperimentale, tutti gli appezzamenti aziendali impegnati nella sperimentazione sono stati gestiti in stretta osservanza delle disposizioni della misura e fornendo per ogni superficie oggetto di misura un appezzamento contiguo gestito con tecniche di lavorazione convenzionale.

Infine, parte delle superfici aziendali oggetto di sperimentazione sono state gestite con un protocollo colturale costante nel tempo (lungo periodo) in modo tale che tutti i fattori produttivi siano standardizzabili tra le diverse tesi (es. semina con medesima varietà).

### 7.1.1 Parametri sperimentali valutati

L'attività sperimentale condotta presso le aziende pilota-dimostrative di Veneto Agricoltura aveva essenzialmente l'obiettivo di valutare gli effetti dell'introduzione dell'AC nel momento più critico della coltivazione, ovvero dall'operazione di semina alla fase di emergenza colturale.

Un primo parametro sperimentale seguito è stata la rilevazione del compattamento mediante analisi penetrometrica degli appezzamenti aziendali destinati alla misura 214/azione 1 e 2 e i relativi appezzamenti convenzionali di riferimento.

Il compattamento del terreno rappresenta una delle problematiche più importanti che potrebbero compromettere una gestione del terreno in assenza di lavorazioni in quanto gli effetti negativi incidono sia sulla qualità ed uniformità di semina che sulla fase di germinazione/emergenza della coltura.

L'indagine, è stata eseguita mediante analisi penetrometriche eseguite con un penetrometro (Fig. 31) ovvero uno strumento la cui funzione è quella di rilevare la variazione della resistenza alla penetrazione che il terreno esercita lungo il profilo attraverso la determinazione dell'indice di cono (CI).

L'indice di cono (CI) esprime quindi il rapporto tra la forza (N) applicata per imprimere nel terreno un puntale conico, ovvero la resistenza che il terreno oppone alla sua penetrazione, e la superficie del cono espressa in  $\text{mm}^2$ . Tale valore, misurato in Pascal (Pa) o in  $\text{N}/\text{m}^2$ , dipende oltre che dal contenuto idrico e dal tenore di sostanza organica anche dalle proprietà fisiche del suolo come la densità apparente, la struttura del terreno e la tessitura.

L'analisi penetrometrica è stata eseguita basandosi su uno schema sperimentale a griglia regolare che prevedeva 12 punti di rilievo per ogni appezzamento e tre repliche di analisi per ogni punto (totale 36 punti/appezzamento). Complessivamente, per le tre aziende campionate, per le quattro colture e per le quattro tesi sperimentali si sono rilevati 1584 profili.

Per motivi temporali, l'analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti coltivati a frumento e colza è stata effettuata nei mesi di agosto-settembre (dopo la raccolta), mentre per gli appezzamenti impegnati a mais e soia, all'epoca non ancora seminati, la rilevazione è stata effettuata ad aprile – maggio, prima della semina stessa.





Fig. 31 – Particolari del Penetrometro Eijkelkamp Penetrologger

Le coordinate relative ai punti di saggio sono state georeferenziate mediante DGPS con correzione differenziale RTK (Fig. 32) al fine di poter condurre a distanza di 5 anni (periodo di impegno della misura) una successiva valutazione della compattazione del terreno in modo tale da poter osservare eventuali benefici derivanti dall'applicazione di tecniche conservative.



Fig. 32 – Le aree di saggio sono state georeferenziate mediante GPS con correzione differenziale RTK

Oltre alla rilevazione del grado di compattamento delle superfici aziendali oggetto di misura e dei relativi appezzamenti convenzionali di confronto, per gli stessi, si è eseguito anche un monitoraggio delle fasi di emergenza delle colture di mais e soia (Fig. 33).

La rilevazione, eseguita per le annate agrarie 2011, 2012 e 2013, è stata mirata a queste due colture primaverili - estive, in quanto, rispetto ad altre colture quali i cereali

autunno vernini sono quelle che potenzialmente risentono in modo maggiore di una riduzione delle lavorazioni del terreno sia in termini produttivi che fitosanitari.

Il monitoraggio degli investimenti con contemporanea valutazione dei danni da fitofagi è avvenuto per la coltura del mais, allo stadio di 6-9 foglie (8-10 foglie nel caso della soia) in ciascuno degli appezzamenti interessati dalle azioni 1 e 2 compreso ciascun convenzionale di confronto.

Per entrambe le colture sono stati effettuati due rilievi, il primo a circa 3 settimane dalla semina, a cui segue un secondo monitoraggio a circa 10-15 giorni dal precedente mentre per la soia il primo rilievo veniva solitamente effettuato 15 giorni circa dopo la semina a cui si aggiunge un secondo rilievo nelle fasi successive.

L'indagine di campo ha visto lo svolgimento di 4 fasi operative. Preliminarmente si è eseguita una prima valutazione dell'omogeneità dell'appezzamento: in presenza di zone eterogenee per fattori accidentali (es. zone oggetto di ristagno idrico, danni da uccelli localizzati, forte presenza di crosta superficiale) si è proceduto a effettuare i rilievi in ciascuna delle zone differenziate. Inoltre, definito con precisione lo stadio fenologico della coltura, viene dato un giudizio globale sullo stato della coltura stessa e il grado di uniformità.

Completata la prima fase che definisce quindi le condizioni generali della coltura si procede con la fase successiva, che consiste nella scelta delle aree su cui verranno effettuati i rilievi. Vengono individuate all'interno dell'appezzamento generalmente 2-3 sub-parcelle considerando aree il più possibile rappresentative della condizione di campo. In appezzamenti di lunghezza considerevole vengono scelte almeno 3 sub-parcelle per una migliore rappresentatività delle condizioni del campo.

Una volta individuate le sub-parcelle, che, per convenzione sperimentale hanno una lunghezza di 20 m e interessano 7 file della coltura, si procede a conteggiare per ogni fila il numero di piante totali emerse e il numero di piante che presentano sintomi diversi alla normalità di campo. I dati riportati vengono elaborati per discriminare dal totale, le piante sane con sviluppo nella media, dalle diverse classi sintomatologiche relative ai sintomi osservati.

Gli aspetti colturali rilevati in modo specifico per il mais sono stati: piante sane con sviluppo nella media, piante con sintomi di attacco di elateridi (appassimento centrale, avvizzimento o pianta completamente secca, rosure più o meno profonde al colletto, piante con attacco leggero individuabile da striature gialle sulla pagina fogliare, piante con ricacci). Altre cause di attacco possibili sono nottue, fitofagi ipogei, virosi, afidi,

limacce. Nel caso si presenti all'osservazione una sintomatologia diversa dalle classi considerate, essa viene inserita come nota aggiuntiva.

Per quanto riguarda la soia, gli aspetti considerati sono stati i seguenti: piante con sviluppo nella media, piante morte/avvizzite/secche, sofferenti (causati da fitofagi ipogei), con rosure importanti da limacce, con danni da afidi. Anche in questo caso altri danni osservati non contemplati precedentemente sono stati annotati come nota integrativa.

Infine, l'ultima fase prevede l'osservazione di almeno 20 rilevazioni di fallanze (Fig. 33). Le possibili cause di fallanza vengono analizzate primariamente a livello superficiale per verificare se si tratta di un eventuale danno da predazione (uccelli, altri animali o artropodi). Qualora non sia causa di predazione si procede a uno scavo per individuare il seme o la plantula al fine di accertare una più precisa causa tra i diversi possibili fattori, ovvero, non deposizione, semi depositi predati da uccelli o animali selvatici, semi non germinati con presenza o meno di rosure, piante in emergenza erose o non erose e altre cause.



Fig. 33 – Particolare di un rilievo degli investimenti (a sinistra) e della verifica delle cause di fallanza (a destra).

### 7.1.2 Aspetti tecnico-climatici

La dislocazione delle aziende sperimentali Diana (Mogliano V.to – TV ), Sasse-Rami (Ceregnano – RO) e ValleVecchia (Caorle – VE) in realtà produttive notevolmente differenti dal punto di vista pedoclimatico ha permesso di valutare in modo attendibile il grado di adattabilità delle tecniche riconducibili all'AC nelle realtà agricole venete.

Per ogni azienda sperimentale si è provveduto quindi ad esaminare la condizione climatica grazie a dati ARPA-Veneto rilevati nelle stazioni agrometeorologiche più prossime alla località aziendale. La valutazione ha visto i principali parametri di interesse agronomico, ovvero, sommatoria delle precipitazioni mensili (mm) e media mensile delle temperature medie riferite ai 3 anni di rilievi e alla media degli ultimi 20 anni in modo tale da avere un valore maggiormente attendibile.

#### *Azienda Agricola Sasse-Rami – Ceregnano (RO)*

L'azienda pilota-dimostrativa Sasse-Rami, sita in comune di Ceregnano (RO), è costituita da due corpi aziendali staccati (Fig. 34) con superficie territoriale complessiva di 214 ha circa di cui 190 ha di SAU. La SAU è prevalentemente destinata a seminativi ma sono anche ospitati impianti di specie frutticole per la loro valutazione varietale (pesco, melo, pero) per complessivi 6,60 ha circa e un vigneto (circa 1,6 ha).

L'intera superficie aziendale viene interessata da sperimentazioni; è stata progressivamente introdotta la minima lavorazione sull'intera superficie aziendale (salvo porzioni assoggettate a particolari protocolli sperimentali), ove si effettuano anche prove varietali per le principali colture erbacee così da selezionare le più adatte a tale metodo di lavorazione.

Da un punto di vista climatico, le precipitazioni medie annue degli ultimi 20 anni registrate da una stazione agrometeorologica sita nella vicina località di Villadose (RO) sono state pari a 763 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si sono registrato valori di 904 mm per il 2011, 647 mm per il 2012 e 840 mm nel 2013.

I dati registrati mostrano che nei mesi di marzo e maggio le precipitazioni sono in linea con la media mensile 1992-2013 per l'anno 2011, inferiori (soprattutto per il mese di marzo) nel 2012 mentre risultano essere notevolmente superiori alla media (di circa 4



volte) nel marzo 2013 seguito da un quantitativo pressoché doppio nel successivo mese di maggio (Fig. 35).

Le temperature medie mensili delle tre annate sperimentali risultano essere in linea con la media registrata nel ventennio 1992-2013. La tendenza mostra in più di qualche caso un sensibile aumento delle medie mensili tranne che nel maggio 2013 dove la media mensile è risultata inferiore al riferimento storico (Fig. 36).

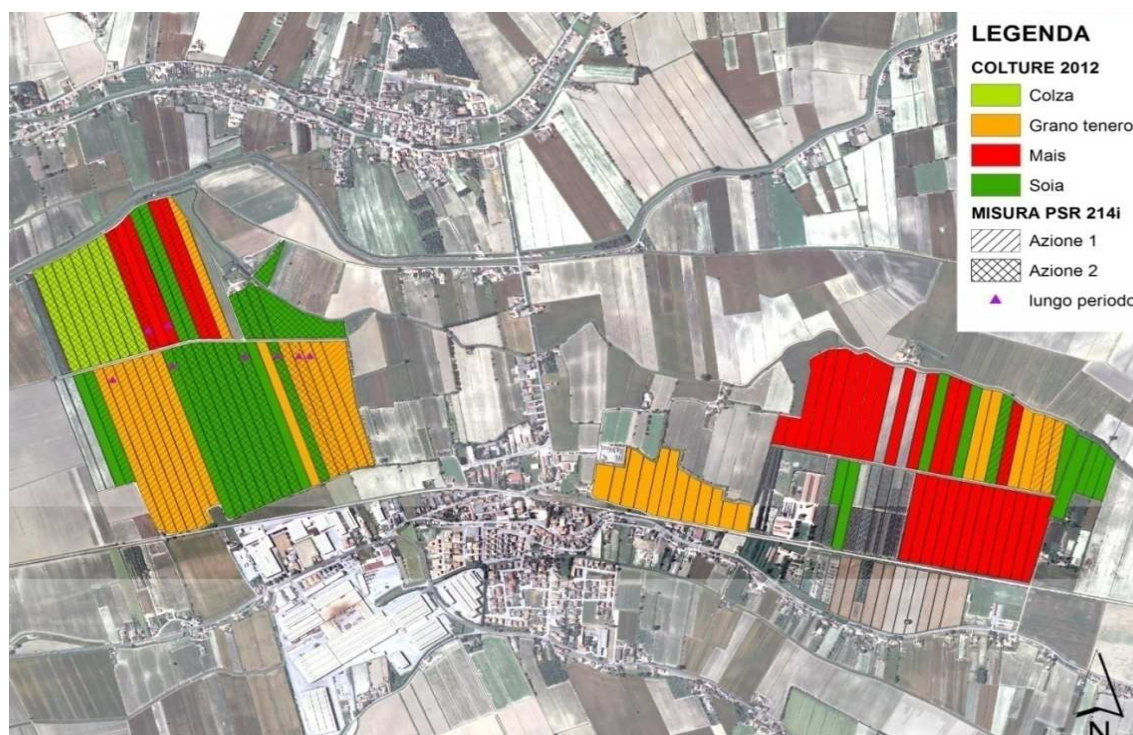


Fig. 34 – Mappa aziendale dell’azienda agricola Sasse-Rami.

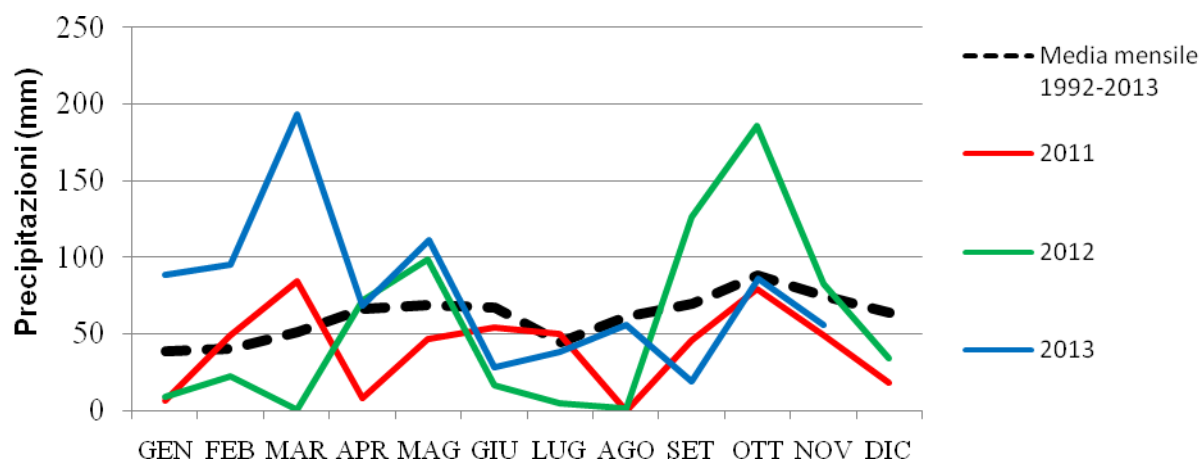


Fig. 35 – Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Villadose (RO) – Fonte ARPAV

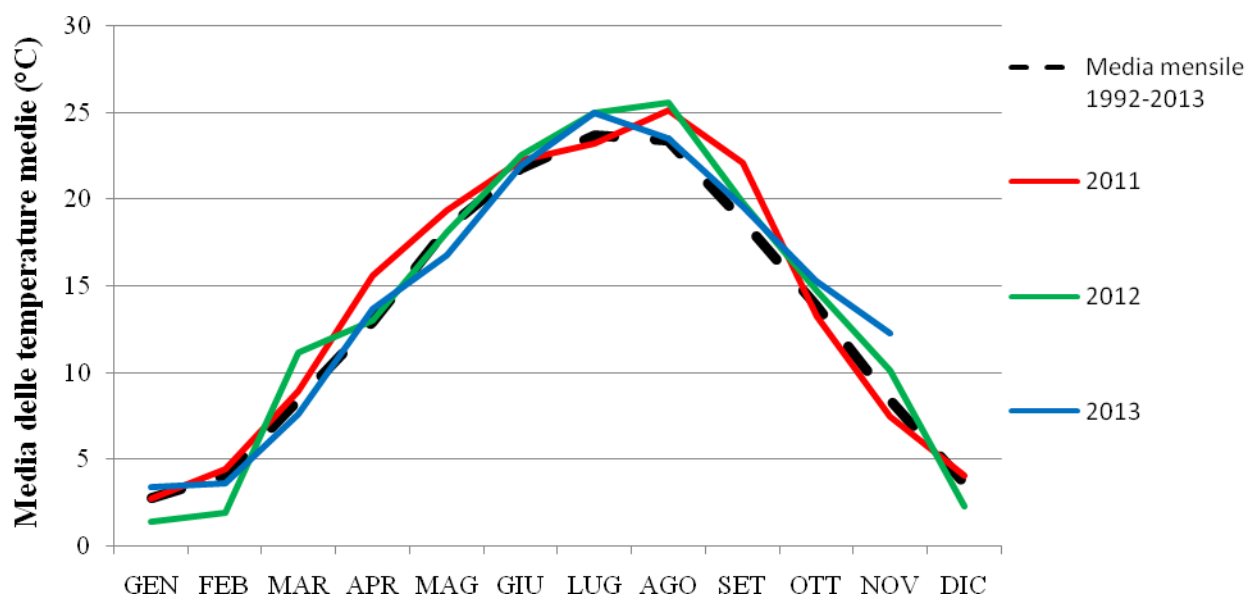


Fig. 36 – Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Villadose (RO) – Fonte ARPAV

*Azienda Agricola Diana – Mogliano Veneto (TV)*

L’Azienda pilota e dimostrativa “Diana” è sita in comune di Mogliano Veneto (TV) ed è costituita da un unico corpo (Fig. 37), attraversato da nord a sud dalla strada comunale che mette in comunicazione la frazione di Bonisiolo con Marcon, e da est ad ovest dal Passante di Mestre.

L’Azienda è completamente pianeggiante, con un’altezza media di 5 metri s.l.m., prevalentemente a scolo naturale, e presenta appezzamenti sistemati alla ferrarese piana, delimitati longitudinalmente da scoline sversanti in capifosso.

La superficie territoriale aziendale è pari a circa 133 ha di cui SAU (Superficie Agraria Utilizzata) circa 120 a destinazione prevalentemente cerealicola (69 ha).

Da un punto di vista climatico, le precipitazioni medie annuali degli ultimi 20 anni sono state pari a 924 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si è registrato un quantitativo annuo di 718,8 mm nel 2011, 755 mm nel 2012 e 1021 mm nel 2013.

Rispetto alla media storica, nel periodo compreso tra marzo e maggio le precipitazioni dell’anno 2011 non superano di 100 mm la media mensile 1992-2013 mentre sono state notevolmente superiori alla media nel 2013 sfiorando quasi i 300 mm per il mese di marzo a cui è seguito un quantitativo nel successivo mese di maggio doppio rispetto la media storica di riferimento (Fig. 38).

Le temperature medie mensili rispetto alla media mensile registrata nel ventennio 1992-2013 sono risultate prossime alla media. La tendenza mostra in diversi casi un leggero aumento delle medie mensili tranne che nel maggio 2013 dove la media mensile è risultata inferiore alla media storica di riferimento (Fig. 39).

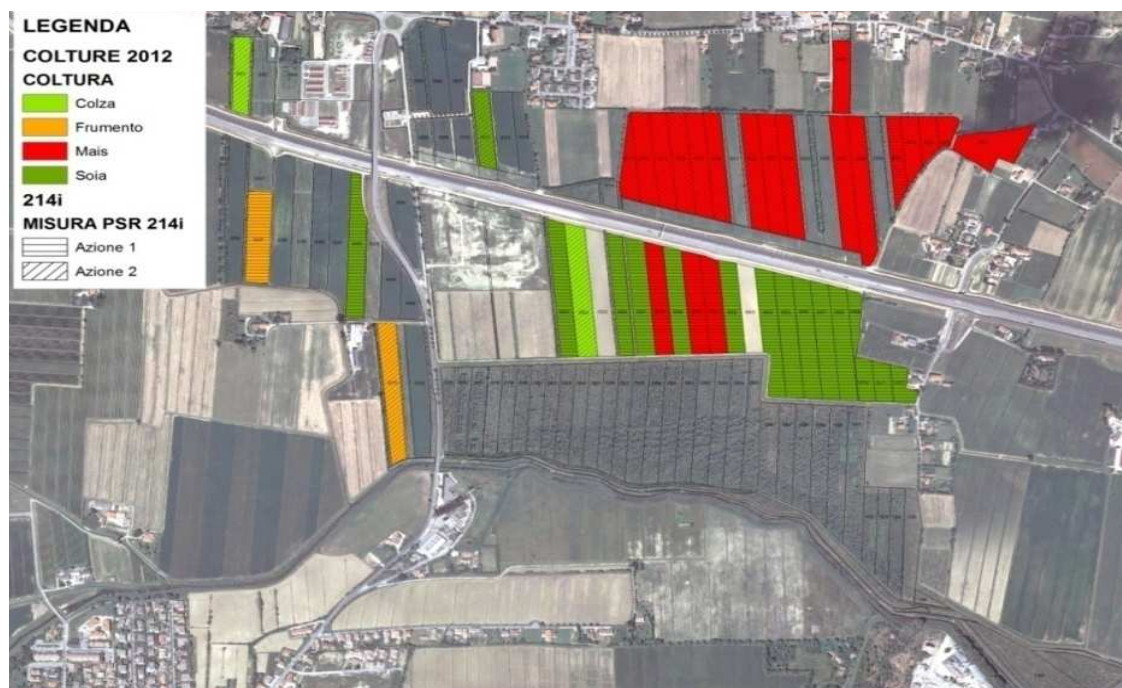


Fig. 37 – Mappa aziendale dell'azienda agricola Diana.

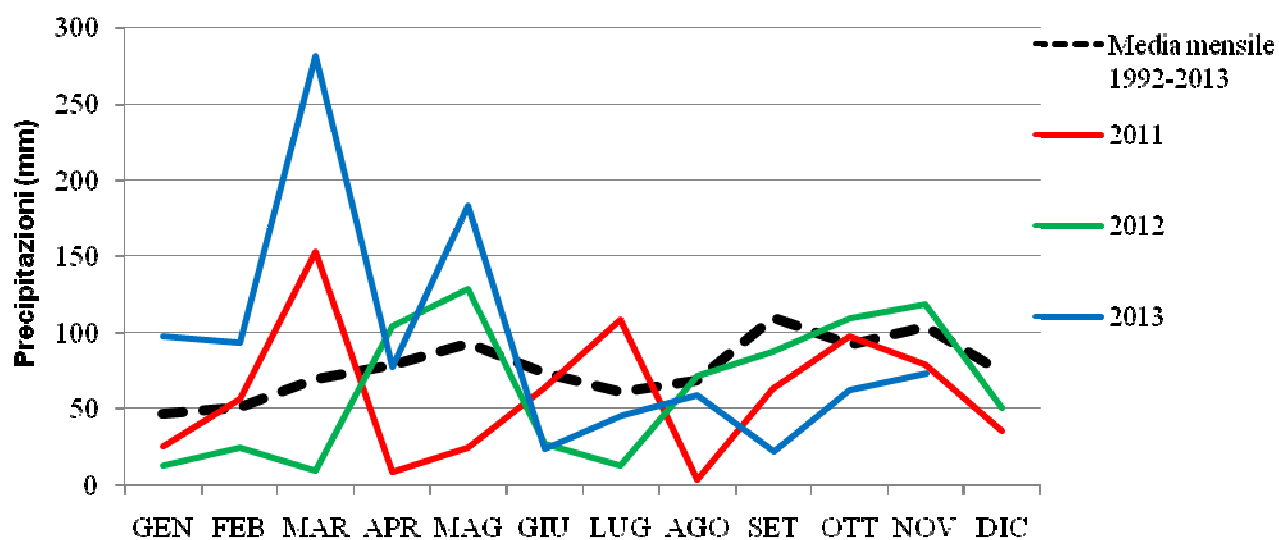


Fig. 38 – Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Mogliano Veneto (TV) – Fonte ARPAV.

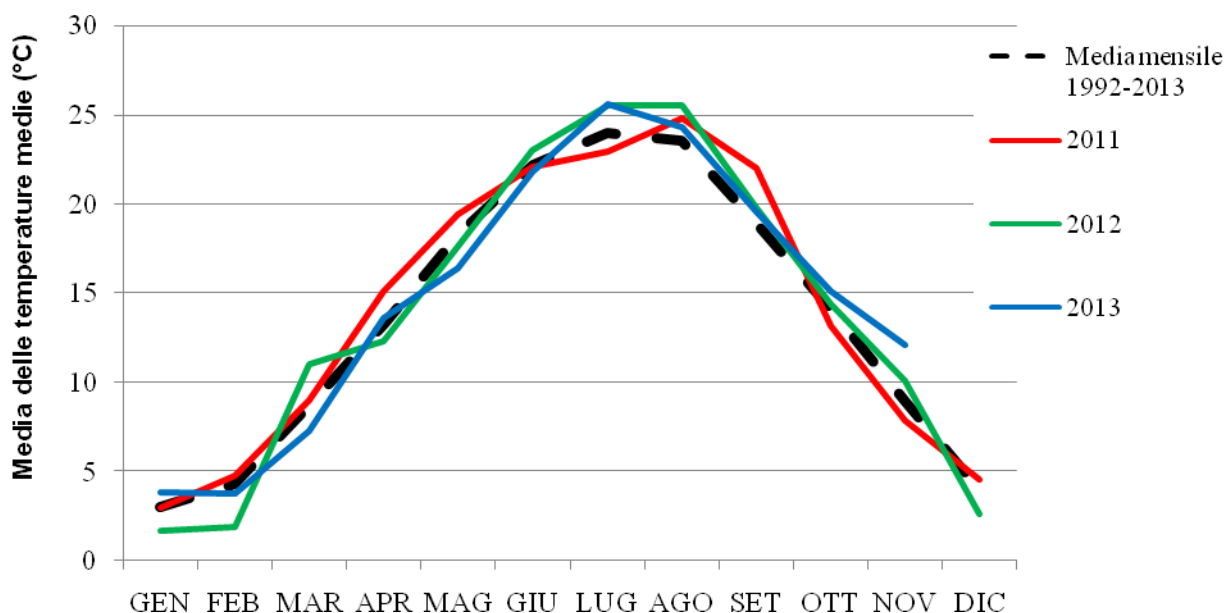


Fig. 39 – Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Mogliano Veneto (TV) – Fonte ARPAV.

#### *Azienda Agricola ValleVecchia – Caorle (VE)*

L’Azienda pilota e dimostrativa ValleVecchia è localizzata lungo la costa tra i centri balneari di Caorle e Bibione (Fig. 40).

La SAU coltivata è pari a circa 385 ha destinati a colture erbacee in rotazione. Nel 2012 le colture praticate sono: frumento 122 ha, mais 99 ha, soia 91 ha, colza 15 ha e i rimanenti 58 ha destinati a medica e sorgo.

Da un punto di vista climatico, le precipitazioni medie annue degli ultimi 20 anni registrate da una stazione agrometeorologica sita nella vicina località di Lugugnana (VE) sono state pari a 935 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si è registrato un quantitativo annuo di 801 mm per il 2011, 813 mm per il 2012 e 1094 mm nel 2013.

I quantitativi nell’intervallo marzo-maggio per i tre anni mostrano per i mesi di marzo e maggio precipitazioni che non superano di 100 mm la media mensile 1992-2013 per l’anno 2011, risultate invece inferiori soprattutto per il mese di aprile e maggio nel 2012, mentre notevolmente superiori alla media, sfiorando i 300 mm per il mese di marzo 2013 seguito da un quantitativo circa doppio rispetto alla media storica di riferimento nel successivo mese di maggio (Fig. 41).



Le temperature medie mensili risultano essere in linea con i valori del ventennio 1992-2013. La tendenza in più casi mostra un leggero aumento tranne che nel maggio 2013 dove la media mensile è risultata inferiore alla media di riferimento (Fig. 42).

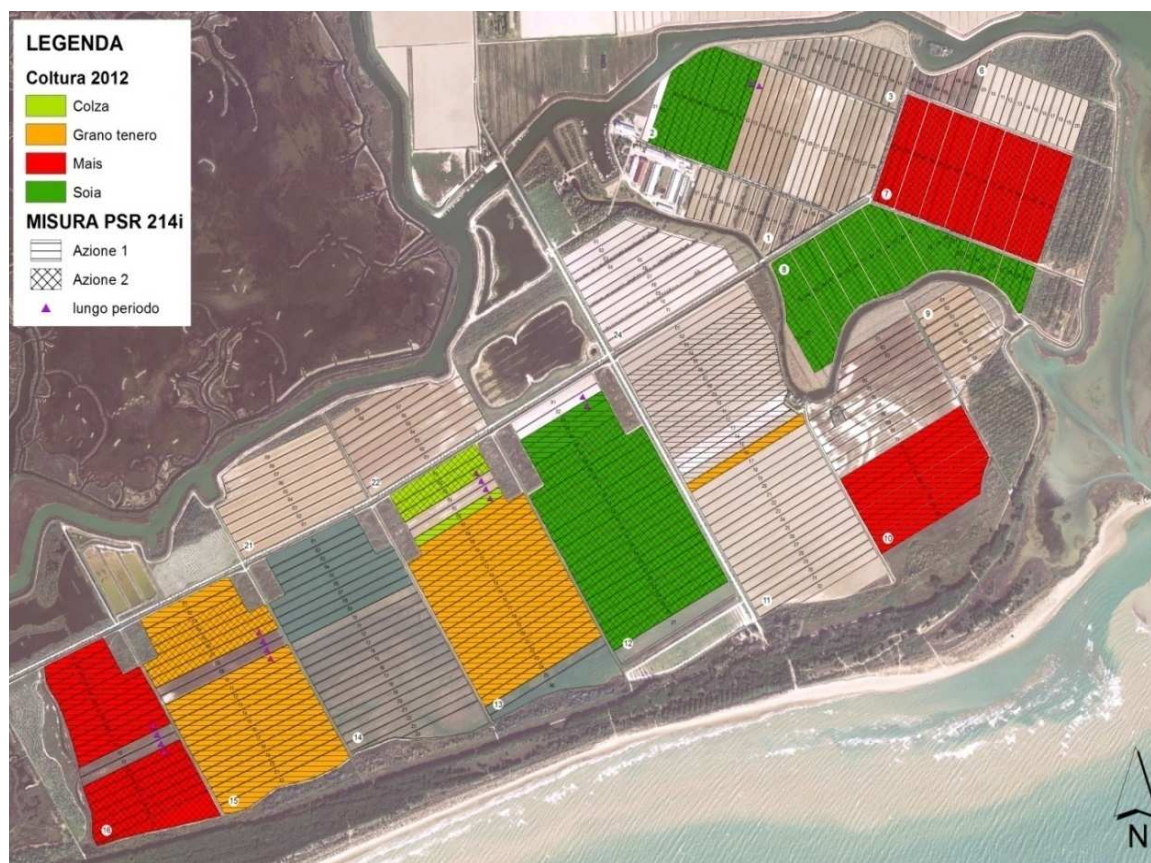


Fig. 40 – Mappa aziendale dell’azienda agricola ValleVecchia.

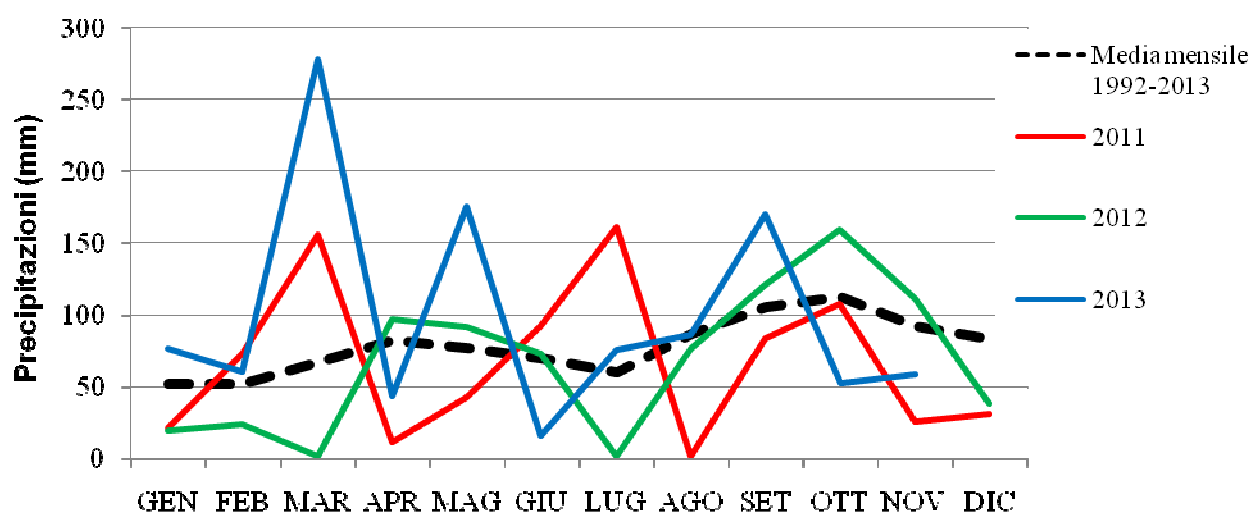


Fig. 41 – Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Lugugnana (VE) – Fonte ARPAV

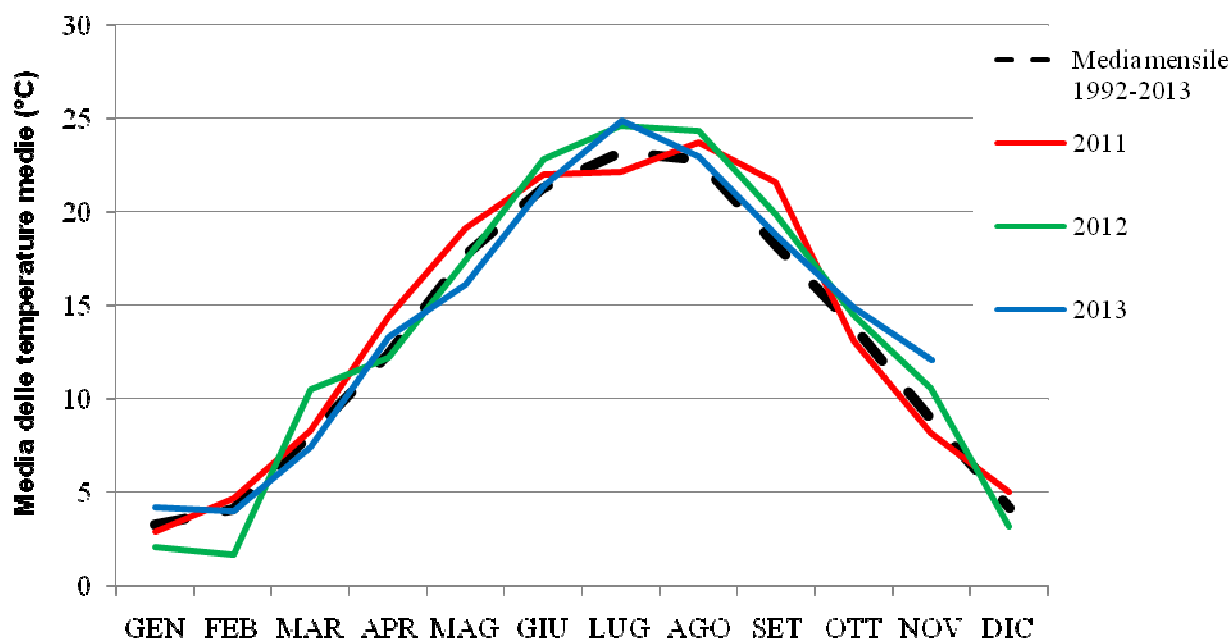


Fig. 42 – Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Lugugnana (VE) – Fonte ARPAV

*Protocollo tecnico-culturale adottato dalle tre aziende per le colture di Mais e Soia*

Da un punto di vista sperimentale, tutti gli appezzamenti delle tre aziende pilota-dimostrative impegnati nella sperimentazione sono stati gestiti in stretta osservanza delle disposizioni della misura e fornendo per ogni superficie oggetto di misura un appezzamento limitrofo gestito con tecniche di lavorazione convenzionale.

A tal proposito, le superfici aziendali impegnate dalla sperimentazione (Misura 214/i – azione 1 e i convenzionali di confronto) sono state gestite con un medesimo protocollo culturale in modo tale che tutti i fattori produttivi siano standardizzabili.

Gli appezzamenti di confronto, gestiti in modo convenzionale, hanno visto lo svolgersi di lavorazioni ordinarie come un'aratura autunnale a una profondità di 35 cm, una successiva estirpatura in inverno e un'erpatura con erpice rotante prima della semina.

Il mais nella tesi convenzionale (Tab.28) è stato seminato nella prima decade di aprile con un investimento pari a 7,8 piante/m<sup>2</sup> e deposto a una profondità variabile tra i 3 e i 5 cm in relazione alle condizioni del terreno.

La concimazione ha visto la distribuzione di un concime ternario in pre-semina (a spaglio) e un concime azotato (urea granulare) in copertura in concomitanza delle operazioni di sarchiatura.

I trattamenti erbicidi hanno visto lo svolgersi di un diserbo in pre-semina con Glyphosate, con dose variabile in base al grado di infestazione osservato. Si è ricorso poi a un intervento di post-emergenza in base alla necessità di controllo delle infestanti emerse. Optando per il singolo intervento, l'epoca normalmente considerata corrisponde allo stadio di 6-7 foglie del mais. Un trattamento specifico per il controllo di nottue e piralide è effettuato solo alla presenza dell'insetto e al superamento di specifiche soglie di danno.

Relativamente alle superficie vincolate dalla Misura 214/i – azione 1 l'investimento teorico alla semina è stato fissato in 8,5 piante/m<sup>2</sup> deposto a una profondità non superiore ai 5 cm.

La concimazione è stata effettuata in unico intervento, alla semina, distribuendo in modo localizzato un concime ternario ed urea.

I trattamenti erbicidi sono stati realizzati mediante interventi in pre-semina, pre-emergenza, post-emergenza con criteri di controllo analoghi alle superfici gestite in modo convenzionale.

<b>PROTOCOLLO CULTURALE - MAIS</b>		
	<b><i>Convenzionale - CT</i></b>	<b><i>Misura 214/i – Az.1 NT</i></b>
<b>LAVORAZIONI TERRENO</b>	Aratura + estirpatura + erpicatura	-
<b>SEMINA</b> (Investimento;Profondità)	7,8 p/m <sup>2</sup> ; 3-5 cm	8,5 p/m <sup>2</sup> ; 4-5 cm
<b>VARIETA'</b>	Korimbos (KWS)	Korimbos (KWS)
<b>CONCIMAZIONE</b> Presemina - semina	pieno campo 8.24.24 + urea 4 q/ha + 1 q/ha	localizzato alla semina 8.24.24 + urea 3 q/ha + 3,5 q/ha
Copertura	Urea 3,5 q/ha (alla sarchiatura)	-
<b>DISERBO</b> Pre-semina	Glyphosate (in base al grado di infestazione)	Glyphosate (in base al grado di infestazione)
Post-emergenza (6-7 foglie)	Foramsulfuron + Dicamba 2,5 l/ha + 1 l/ha	Foramsulfuron + Dicamba 2,5 l/ha + 1 l/ha
<b>FITOSANITARI</b> Nottue – Limacce – Piralide	Piralide Chlorantraniliprole (150 ml/ha)	Piralide Chlorantraniliprole (150 ml/ha)
<b>RACCOLTA</b>	Umidità granella circa 25%	Umidità granella circa 25%

Tab. 28 – Tecniche agronomiche a confronto tra le due tesi per la coltura del mais.

Per quanto riguarda la soia, negli appezzamenti gestiti in modo convenzionale (Tab. 29) è stata seminata l'ultima decade di aprile - prima decade di maggio con un investimento teorico di 44 piante/m<sup>2</sup> e deposto a una profondità di circa 3-4 cm.

La concimazione ha visto la distribuzione di un concime binario contenete fosforo e potassio, distribuito a pieno campo appena prima dell'ultima lavorazione.

Con infestanti già emerse nel periodo precedente la semina era previsto un intervento di controllo mediante Glyphosate. Per un soddisfacente controllo delle stesse è necessario intervenire con un diserbo di post-emergenza per il controllo delle principali infestanti graminacee e dicotiledoni.

La soia seminata su sodo segue quanto visto per il mais in termini di non lavorazione del terreno. Si è previsto in questo caso un investimento di 48 semi/m<sup>2</sup> ad una profondità compresa tra i 2 e i 5 cm.

La fertilizzazione prevedeva l'utilizzo di un concime a base di fosforo e potassio distribuito in modo localizzato durante la semina.

Il diserbo segue gli stessi criteri visti. Viene effettuato solitamente un diserbo in pre-semina con Glyphosate, a cui segue un unico intervento di post-emergenza. In alcuni casi può essere previsto un doppio intervento di post-emergenza con dosi frazionate.

La raccolta della granella è eseguita quando l'umidità raggiunge il 14%.

<b>PROTOCOLLO COLTURALE – SOIA</b>		
	<i>Convenzionale - CT</i>	<i>Misura 214/i – Az.1 NT</i>
<b>LAVORAZIONI TERRENO</b>	Aratura + estirpatura + erpicatura	-
<b>SEMINA</b> (Investimento;Profondità)	44 p/m <sup>2</sup> ; 3-4 cm	48 p/ m <sup>2</sup> ; 2-5 cm
<b>VARIETA'</b>	Demetra (Syngenta)	Demetra (Syngenta)
<b>CONCIMAZIONE</b> Presemina - semina	Pieno campo 0-20-20 - 2.5 q/ha	Localizzata alla semina 0-20-20 - 2.5 q/ha
<b>DISERBO</b> Pre-semina	Glyphosate (in base al grado di infestazione)	Glyphosate (in base al grado di infestazione)
Post - emergenza	Imazamox + thifensulfuron-methyl 1 l/ha + 10 g/ha Propaquizafop* 1 l/ha (* se presenti graminacee)	Imazamox + thifensulfuron-methyl 1 l/ha + 10 g/ha Propaquizafop* 1 l/ha (* se presenti graminacee)
<b>RACCOLTA</b>	Umidità granella circa 14%	Umidità granella circa 14%

Tab. 29 – Tecniche agronomiche a confronto tra le due tesi per la coltura della soia.

## 7.2 Monitoraggio aziendale per l'analisi energetica e del carbonio

Allo scopo di valutare e quantificare i due principali obiettivi legati alla Misura 214/i – Azione 1 ovvero la riduzione nelle emissioni di GHG e la variazione nel contenuto di carbonio organico del suolo si è avviata un'attività di monitoraggio aziendale allo scopo di acquisire informazioni sul processo produttivo adottato per le principali colture cerealicole venete: Frumento, Mais, Soia e Colza.

L'indagine è stata riferita all'annata agraria 2011 basandosi, per le superfici aderenti alla misura, sul Registro degli interventi colturali integrato da informazioni precise sulla quantità e la tipologia dei prodotti agrochimici utilizzati (qualora queste informazioni non fossero sufficientemente dettagliate), sulla tipologia delle macchine impiegate in ogni operazione (potenza trattrice, caratterizzazione dell'attrezzatura), sugli avvicendamenti colturali e sulla tipologia di cover-crops impiegata (Fig. 43).

Per il recupero delle informazioni sulla conduzione convenzionale, necessarie al fine di pervenire a una valutazione per differenza ad esempio nelle emissioni di GHG, si è proceduto in modo analogo indagando, sempre con riferimento al 2011, le modalità di conduzione adottate sui terreni non aderenti alla misura.

Parallelamente si è provveduto a recuperare i risultati delle analisi del suolo prescritte dall'adesione alla sottomisura I. Tali informazioni, e in particolare quelle relative al contenuto di carbonio organico, sono indispensabili per le successive valutazioni.

Su un totale di 112 aziende agricole aderenti alla sottomisura, ne sono state individuate 8 (Tab. 30), scelte in base alla loro disponibilità (l'adesione, infatti, era volontaria) e rispettando un criterio geografico (Fig. 44) e, quando possibile, pedologico (quest'ultimo derivato dalla Carta dei Suoli).

<b>Aziende</b>	<b>Località</b>	<b>SAU (ha)</b>	<b>Misura 214/i – Az.1 (ha)</b>	<b>Monitoraggio investimenti colturali</b>
Azienda 1	Mira (VE)	587,67	289,7	
Azienda 2	Cona (VE)	286,33	107,91	
Azienda 3	Eraclea (VE)	334,72	64,48	
Azienda 4	Caorle (VE)	407,22	108,65	X
Azienda 5	Mogliano V.to (TV)	68,87	20,78	X
Azienda 6	Ceregnano (RO)	176,77	44,34	X
Azienda 7	Pettorazza Gr. (RO)	39,26	10,6	
Azienda 8	Villadose (RO)	61,50	17,44	

Tab.30 – Dettaglio delle aziende agricole oggetto di rilevamento.

QUESTIONARIO AZIENDE MISURA PSR 214/i

INFORMAZIONI SPECIFICHE MISURA

INFORMAZIONI GENERALI DELL'AZIENDA

Nome azienda	Referente: _____
Località	
Superficie agraria totale (SAT)	
Superficie agraria utile (SAU)	
Superfici destinate alla misura	AZIONE_1 ( ) AZIONE_2 ( ) CONVENZIONALE
Ripartizione culturale della misura	AZIONE 1 ..... ha totale - Frumento Tenero ..... ha - Mais ..... ha - Soia ..... ha
	AZIONE 2 ..... ha totale - Frumento Tenero ..... ha - Mais ..... ha - Soia ..... ha
	CONVENZIONALE ..... ha totale

AZIONE (1 - 2 - Convenzionale)	AZIONE 1
COLTURA	Mais
IRRIGAZIONE (si/no)	
Sistema irriguo usato	
Numero di interventi irrigui	
Consumo intervento (gasolio; kW + tempo)	
PRECESSIONE COLTURALE (con cover-crops)	2010 2011: Mais 2012
ANALISI DEL TERRENO (se non ha inviato i dati)	Testatura Carbonio organico N totale P assimilabile pH CSC

OPERAZIONI COLTURALI ESEGUITE, DA INIZIO MISURA (vedi riepilogo degli interventi)  
 Es. Roundup → semina + 8-24-24 "400u" e urea "100u" (densità e varietà semina + quantità concima) → diserbo (equipe + dicamba) → raccolta (produzione in campo e umidità alla raccolta) → trinciastocchi → semina cover autunnale.

Operazione	Data	Trattore/operatrice	Prodotto	Dose	NOTE

Fig. 43 – Questionario utilizzato per l’indagine aziendale per raccogliere informazioni sulle diverse modalità di gestione (Misura 214/i – Azione 1 e Convenzionale) per le 3 principali colture venete.

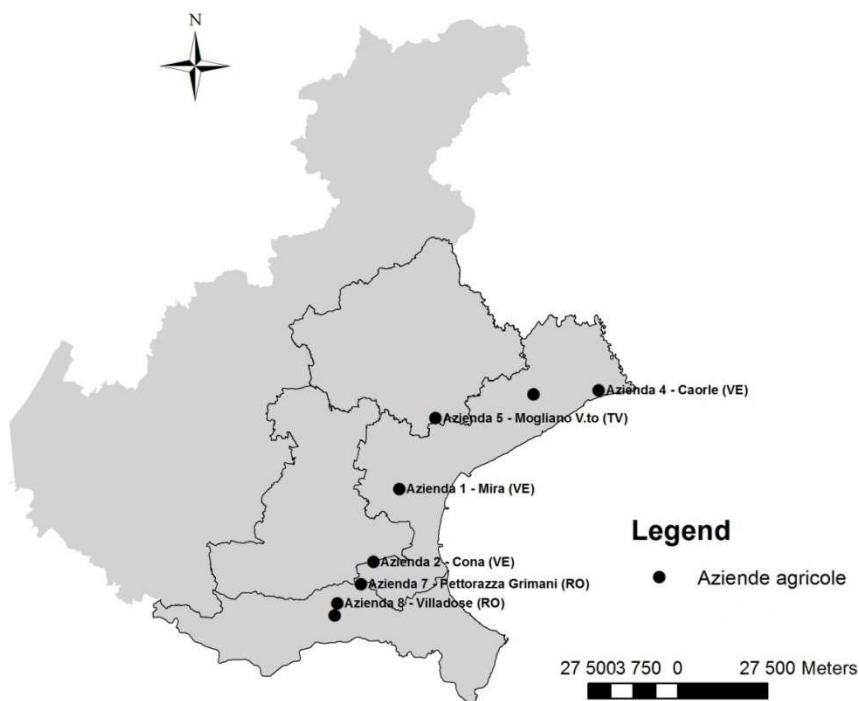


Fig. 44 – Disposizione geografica delle aziende agricole oggetto di indagine.

### 7.2.1 Bilanci energetici e della CO<sub>2</sub>

I dati raccolti nel corso del monitoraggio aziendale non si sono solo limitati alla sola osservazione dei consumi di gasolio ma hanno permesso di esaminare tutti gli input richiesti dalla coltivazione, includendo le emissioni di pre-produzione (cioè quelle relative alla produzione dei mezzi tecnici applicati nel processo come agrochimici e macchine operatrici) e di produzione sul campo. L'approccio non ha considerato l'energia di origine ambientale (radiazione, vento, acqua ecc.), ma solo quella immessa nel processo produttivo come conseguenza dell'applicazione delle varie agrotecniche colturali.

Con i dati aziendali raccolti è stato quindi possibile formulare un bilancio energetico atto a verificare l'efficienza dei due sistemi produttivi (Misura 214/i e lavorazione convenzionale aziendale) rapportando l'energia prodotta dal sistema (output) all'energia che vi viene immessa per farlo funzionare (input). In sostanza, si è provveduto a quantificati dettagliatamente tutti gli input energetici (per ogni fattore produttivo sono state rilevate le quantità e convertite in valore energetico mediante l'impiego di coefficienti medi raccolti in letteratura) e successivamente raffrontati con i valori energetici degli output, ottenendo così il contenuto energetico netto del prodotto ottenuto.

La parte attiva del bilancio energetico (output) è costituita dal contenuto energetico del solo prodotto utile; non si è quindi preso in considerazione il contenuto energetico dei residui colturali.

Nella determinazione dell'output è stata valutata la produzione di granella raccolta, espressa in peso secco commerciale e trasformata in valore energetico impiegando specifici coefficienti energetici per ogni coltura.

La parte passiva (input) comprende tutta l'energia in varie forme apportata al processo produttivo rilevata per classi di fattore produttivo. Per ognuno, sono state rilevate le quantità sperimentalmente applicate e convertite in valore energetico mediante l'impiego di coefficienti raccolti in letteratura.

I coefficienti di conversione impiegati sono il risultato di una ponderazione, a partire dai valori forniti da diversi autori (Tab. 31). Si è ritenuto opportuno usare questo criterio operativo al fine di garantire una maggiore attendibilità della stima, in quanto i coefficienti riportati in bibliografia sono risultati spesso di valore notevolmente diverso.

- *Meccanizzazione indiretta*: la massa delle macchine motrici e operatrici è stata convertita in contenuto energetico mediante un opportuno coefficiente (80,23 MJ/kg) e successivamente ripartita sulle ore di vita stimate, permettendo così di calcolare il costo energetico orario;
- *Meccanizzazione diretta*: ottenuta moltiplicando il consumo orario di carburanti (50,23 MJ/kg) e lubrificanti (78,13 MJ/kg) per le ore di impiego nelle varie operazioni colturali;
- *Fertilizzanti, erbicidi e sementi*: sono stati valutati moltiplicando le quantità utilizzate per il loro costo energetico unitario all'azienda, escluso il costo per la distribuzione il quale risulta computato nella meccanizzazione diretta, indiretta e nel lavoro;
- *Essiccazione*: è stato determinato moltiplicando la quantità di acqua evaporata, per portare il prodotto dall'umidità di raccolta a quella di conservazione, per l'energia spesa per evaporare un chilogrammo di acqua (6,36 MJ/kg di H<sub>2</sub>O);
- *Energia lavoro umano*: conteggiata sulla base di 1,93 MJ/h (Pimentel and Pimentel, 1979), che corrisponde all'energia biochimica consumata da una persona considerando coefficienti di riduzione che tengono conto della quota non utile al lavoro e della gravosità dello stesso.

Mezzi produttivi	Energia primaria (MJ/kg) (*)	Fonti bibliografiche
Manodopera	(**) 1.93	Pimentel and Pimentel, 1979; Jarach, 1985.
Elementi costruttivi trattori/operatrici	80.23	Carillon, 1979; Pimentel and Pimentel, 1979; Honacek, 1979; Malarmé, 1983; Jarach, 1985; Biondi et al., 1989.
Gasolio	50.23	Carillon, 1979; Pimentel and Pimentel, 1979; Pellizzi, 1984; Biondi et al., 1989.
Lubrificanti	78.13	Carillon, 1979; Jarach, 1985
Essiccazione	6.36	Borin et al., 1997
Azoto ureico	70.14	Carillon R., 1979; Pimentel and Pimentel, 1979; Fluck and Baird, 1982; Triolo et al, 1985; Jarach, 1985.
Azoto ammoniacale	79.29	
Azoto nitrico	113.39	
Fosforo (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	12.80	
Fosforo (20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	9.75	
Potassio	8.46	
Erbicidi	138	Pimentel and Pimentel, 1979; Triolo et al., 1985; Cantele and Zanin, 1983.
Insetticidi	276	
Fungicidi	268	



Semente mais	104.65	Pimentel and Pimentel, 1979.
Semente frumento	27.63	Pimentel and Pimentel, 1979.
Semente soia	33,48	Pimentel and Pimentel, 1979.
Semente graminacea	26	Pimentel and Pimentel, 1979.
Granella di mais	14.95	Carillon, 1979, Pimentel and Pimentel, 1979.
Granella di frumento	13.61	Carillon, 1979, Pimentel and Pimentel, 1979.
Granella di soia	16.86	Carillon, 1979, Pimentel and Pimentel, 1979.

(\*) Elaborazione ottenuta con valori medi riportati dagli autori su citati

(\*\*) Espresso in MJ/h.

(\*\*\*) Per i principi attivi di recente formulazione, non riportati in letteratura sono stati utilizzati i valori di altri principi attivi della stessa famiglia di appartenenza oppure un coefficiente medio.

Tab. 31 – Valori di energia primaria per i principali mezzi produttivi agricoli.

L'impostazione del bilancio energetico ha permesso la successiva valutazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Sono state considerate quindi voci positive quelle relative alla produzione di granella e voci negative quelle relative all'emissione di CO<sub>2</sub> diretta (combustione di carburanti) o indiretta (processi di ottenimento concimi, biocidi, macchinari che consumano energia emettendo una certa quantità di CO<sub>2</sub>) (Tab.32).

Le emissioni di CO<sub>2</sub> sono strettamente correlate al costo energetico delle varie voci in bilancio. Si è cercato di attribuire a ciascuna voce energetica un equivalente di CO<sub>2</sub> liberata nell'atmosfera (input) o stoccata (output) nel prodotto agrario.

Sono escluse dall'analisi le emissioni derivanti dalla commercializzazione e distribuzione dei prodotti e quelle connesse ai centri aziendali. In pratica si adotta una sorta di analisi LCA (*Life Cycle Assessment*) interrompendo l'analisi nel punto in cui il processo produttivo giunge a fornire un prodotto agricolo commercializzabile.

Mezzi produttivi	Emissione (gCO <sub>2</sub> /MJ)
Fertilizzante azotato	54,62
Fertilizzante fosfatico	85,95
Fertilizzante potassico	64,26
Erbicidi	64,56
Fungicidi	63,37
Insetticidi	65,59
Semente mais	72,02
Semente soia	71,15
Semente frumento	72,28

Tab. 32 Emissione di CO<sub>2</sub> dei principali mezzi produttivi per MJ di prodotto.

## 7.3 Applicazione del modello previsionale SALUS

Il monitoraggio delle fasi di emergenza per le colture di mais e soia condotto presso le aziende pilota-dimostrative di Veneto Agricoltura e i rilievi tecnico-energetici derivanti dai campionamenti aziendali eseguiti presso aziende agricole aderenti alla Misura 214/i – Azione 1 hanno permesso di ottenere importanti informazioni per valutare il grado di applicazione nel contesto veneto delle tecniche di AC.

Tuttavia, i dati di campo raccolti da queste due importanti attività di ricerca sono stati ulteriormente utilizzati per condurre, attraverso un modello previsionale, una simulazione dell'evoluzione delle rese areiche delle principali colture (frumento, mais, soia) e della variazione del contenuto di carbonio organico nello strato 0-15 cm al variare della strategia gestionale (Misura 214/i – Azione 1 e convenzionale di riferimento aziendale) all'interno di una rotazione quinquennale e pluriennale.

I predetti parametri sono stati quantificati attraverso simulazioni condotte con il modello SALUS, opportunamente settato e validato per tener conto delle specifiche condizioni pedoclimatiche aziendali, nonché delle varietà colturali utilizzate e degli input agronomici rilevati con il monitoraggio aziendale. Allo scopo, sono stati utilizzati i dati messi a disposizione su caratteristiche del suolo, clima, nonché sulla tipologia, quantità e tempi di somministrazione dei diversi input agronomici.

### 7.3.1 SALUS – Funzionamento

SALUS (*System Approach to Land Use Sustainability*) è un modello colturale progettato per simulare lo sviluppo giornaliero di specie vegetali e gli scambi idrici e nutrizionali all'interno del sistema suolo-pianta-atmosfera sulla base di specifiche condizioni pedoclimatiche e gestionali impartite.

I componenti principali del modello comprendono quindi le pratiche agricole impiegate nel processo produttivo, il bilancio idrico, l'evoluzione della sostanza organica, le dinamiche di azoto e fosforo, il bilancio energetico e lo sviluppo delle piante (Fig. 45).

Il modulo relativo al bilancio idrico considera le precipitazioni atmosferiche, la quota di acqua infiltrata, l'evaporazione superficiale, il flusso idrico nel suolo, il drenaggio, l'evaporazione e la traspirazione del suolo. Il modulo della sostanza organica e dei nutrienti simula la decomposizione della SOM, la mineralizzazione dell'azoto, la formazione di ammonio e nitrati, l'immobilizzazione e le perdite gassose di azoto.

Mentre, lo sviluppo e la crescita colturali annoverano le condizioni ambientali (in particolare le temperature e la radiazione) per calcolare il tasso potenziale di crescita delle piante.

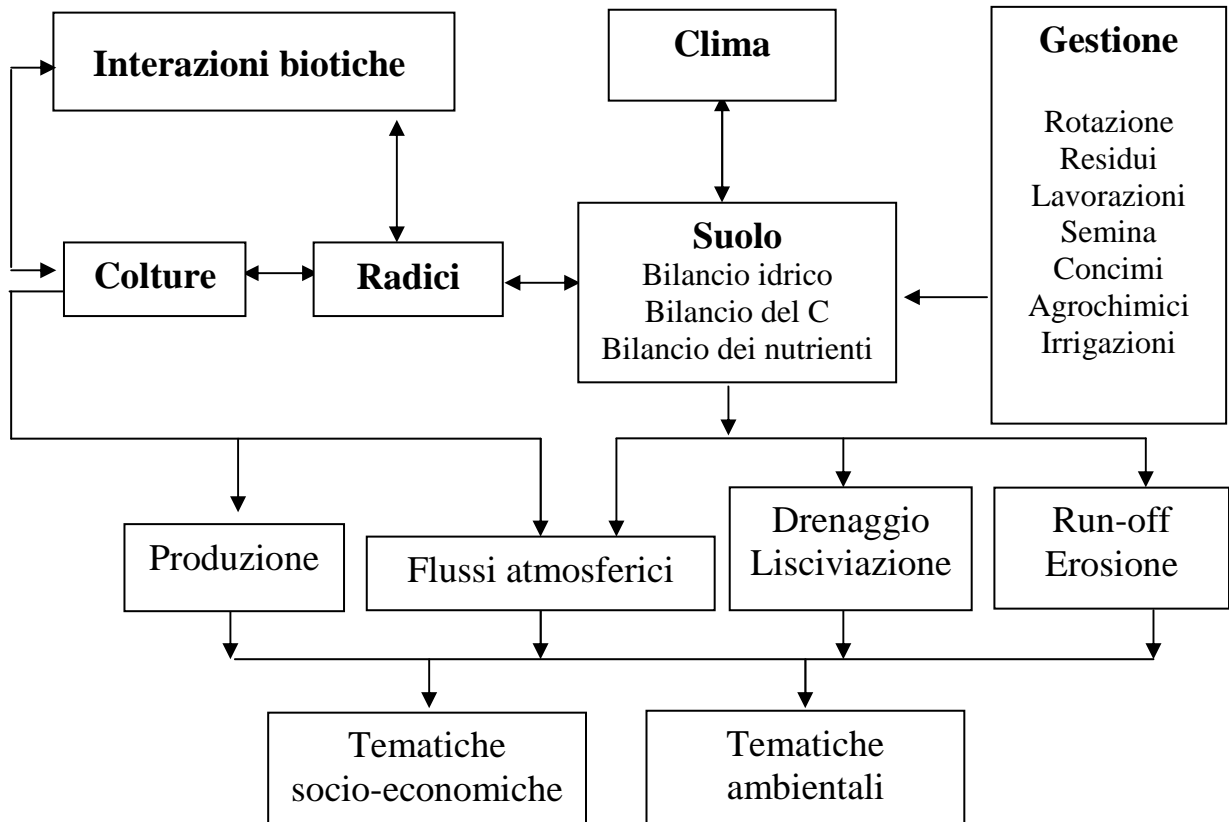


Fig. 45 Diagramma dei componenti del modello SALUS (Basso et al 2006 modificato).

I moduli della crescita delle colture presenti in SALUS derivano dai modelli CERES (Ritchie e Otter, 1985) e IBSNAT (Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) (Jones e Ritchie, 1991), specifici per la produzione delle colture e sviluppati originariamente per la simulazione di monoculture per singoli anni.

Gli algoritmi applicati per la crescita colturale, tratti da questi modelli, sono stati inseriti e collegati ai sottomodelli dell'acqua nel suolo, ciclo dei nutrienti e della gestione.

Il modulo gestionale, relativo alla lavorazione del terreno, presente in SALUS, è basato sul CERES-Till (Dadoun, 1993), utilizzato per prevedere l'influenza dei residui colturali e delle lavorazioni sulle proprietà del suolo e sullo sviluppo delle piante. Il modello richiede la data della lavorazione, la tipologia di lavorazione e la profondità.

### 7.3.2 SALUS – Impostazione del dataset

La simulazione attuata con SALUS per le 8 aziende campionate è stata condotta su 5 cicli colturali (pari alla durata della misura agroambientale 214/i) e su un numero maggiore di cicli (20) per verificare le differenze tra le 2 strategie gestionali in termini di rese ed evoluzioni del contenuto di carbonio organico.

Le due strategie gestionali sono state convenzionalmente definite per tutte le aziende campionate in:

- Gestione no-tillage (Misura 214/i): esclusivo utilizzo della semina su sodo con la presenza di cover-crops tra una coltura principale e l'altra.
- Gestione convenzionale aziendale: utilizzo di tecniche di lavorazione del terreno basate sull'aratura e successiva preparazione del letto di semina. Assenza di cover-crops tra una coltura principale e l'altra.

Ai fini del corretto funzionamento del modello, per ogni strategia gestionale sono stati implementati i parametri relativi alle seguenti componenti:

*Gestione agronomica*: epoca e densità di semina, epoca e dosi di somministrazione dei fertilizzanti/prodotti fitosanitari, epoca e quantitativi di apporti irrigui, epoca e tipologia lavorazioni apportate, date di raccolta; epoca e densità di semina delle colture cover-crops (escluso nella gestione convenzionale) avvicendamento colturale.

*Colture*: specie e varietà; produzioni ottenute (riferimento annata agraria 2011).

*Suolo*: profondità, presenza di scheletro e principali caratteristiche chimico-fisiche del terreno (tessitura, carbonio organico, azoto totale, fosforo assimilabile, pH e capacità di scambio cationico).

*Clima*: la componente climatica, per ogni azienda considerata, ha visto il recupero di due serie di dati:

Serie storica di almeno 10 anni di dati giornalieri di temperatura minima, media e massima, precipitazioni e radiazione solare globale derivanti dalla stazione agrometeorologica ARPAV – Veneto più vicina all'azienda campionata.

I dati storici sono stati depurati da eventuali campi vuoti e/o da eventuali *outlier*, e in seguito organizzati in formato compatibile per SALUS.

Serie giornaliera di dati simulati di temperatura minima, massima e media, precipitazione e radiazione solare globale generata per il periodo 2012-2025 conformemente agli scenari di cambiamento climatico codificati a livello internazionale.

I dati climatici futuri sono stati generati utilizzando il modello MarkSim ovvero un modello sviluppato tra gli anni '80 e '90 in grado di generare dati climatici giornalieri, a partire da dati mensili, e restituirli in formato compatibile con DSSAT e, di conseguenza, con SALUS. Il modello, utilizzando sei possibili GCM (*Global Circulation Model*) dell'atmosfera crea possibili serie giornaliere di dati climatici in funzione di dati mensili globali, interpolati su una griglia di dimensioni pari a 5x5 min di longitudine e latitudine.

Nel caso specifico, come base dati sono stati forniti i valori medi mensili delle stazioni agrometeorologiche a disposizione per gli ultimi 5 anni (2007-2011). Quale modello di circolazione dell'atmosfera è stata impostata la media dei sei GCM disponibili (Tab. 33).

Per quanto riguarda, invece, lo scenario di emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera è stato utilizzato lo scenario A1b, definito anche “*medium emissions*” (IPCC 4th Assessment).

Nell'ambito delle simulazioni per il periodo 2011-2025, per tener conto dello scenario di incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, in SALUS è stato impostato, a partire dal 2012, un valore di concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera pari a 385 ppm.

<b>Denominazione</b>	<b>Istituzione</b>	<b>Rif. Bibliografico</b>
BCCR-BCM 2.0	Bjerknes Centre for Climate Research (University of Bergen, Norway)	Furevik et al. (2003)
CNRM-CM 3	Meteo-France/Centre National de Recherchers Meteorologiques (France)	Deque et al. (1994)
CSIRO-Mk 3.5	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Atmospheric Research (Australia)	Gordon et al. (2002)
ECHam 5	Max Planck Institute for Meteorology (Germany)	Roeckner et al. (2003)
INM-CM 3.0	Institute for Numerical Mathematics (Moscow, Russia)	Diansky & Volodin (2002)
MIROC 3.2 (medres)	Centre for Climate System Research (CSSR), National Institute for Environmental Studies (NIES), Frontier Research Center for Global Change (FRCGC) (University of Tokyo, Japan)	K-1 Model Developers (2004)

Tab. 33 – GCM disponibili per il modello MarkSim.

### 7.3.2 SALUS – Dati aziendali e taratura del modello

Ai fini del corretto funzionamento del modello SALUS e per gli obiettivi pocanzi descritti, si è provveduto a implementare i parametri relativi alle seguenti macrocomponenti aziendali: gestione agronomica, coltura, suolo e clima

Per quanto riguarda la gestione agronomica, per tutte le aziende considerate, sono state considerate due strategie gestionali: NT (No Tillage), che prevede la semina su sodo e l'utilizzo di colture di copertura tra una coltura principale (come previsto dalla Misura 214/i – azione 1) e CT (Conventional Tillage), che invece prevede una gestione del suolo con tecniche di lavorazione convenzionale del terreno e senza l'impiego di colture di copertura.

Di seguito si riportano le lavorazioni rilevate all'interno delle rotazioni aziendali (Tab.34).

<b>Azienda</b>	<b>Gestione</b>	<b>Tipologia di lavorazione e profondità di lavoro</b>	<b>Coltura</b>
Azienda 1	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Frumento, Mais, Soia
	CT	Discatura (15 cm)	Frumento
	CT	Preparatore letto di semina (10 cm)	Frumento, Mais , Soia
Azienda 2	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Colza, Mais, Soia
	CT	Estirpatura (20 cm)	Colza
	CT	Erpicatura (10 cm)	Colza, Mais , Soia
Azienda 3	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Frumento, Mais, Soia
	CT	Discatura (15 cm)	Frumento
	CT	Estirpatura (20 cm)	Mais
	CT	Erpicatura (10 cm)	Mais
	CT	Preparatore letto di semina (10 cm)	Frumento, Mais , Soia
Azienda 4	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Frumento, Colza, Mais, Soia
	CT	Estirpatura (20 cm)	Frumento
	CT	Erpicatura (10 cm)	Frumento, Colza (2), Mais (2), Soia (2)

<b>Azienda</b>	<b>Gestione</b>	<b>Tipologia di lavorazione e profondità di lavoro</b>	<b>Coltura</b>
Azienda 5	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Frumento, Colza, Mais, Soia
	CT	Frangizollatura (10 cm)	Frumento
	CT	Erpicatura (20 cm)	Frumento, Colza, Mais (2), Soia (2)
Azienda 6	NT	-	-
	CT	Aratura (35 cm)	Frumento, Colza, Mais, Soia
	CT	Erpicatura (20 cm)	Frumento (2), Colza (2), Mais (2), Soia (2)
Azienda 7	NT	-	-
	CT	Discatura (20 cm)	Frumento
	CT	Aratura (35 cm)	Mais
	CT	Preparatore letto di semina (10 cm)	Mais (2)
Azienda 8	NT	-	-
	CT	Aratura (30 cm)	Frumento, Soia
	CT	Erpicatura (10 cm)	Frumento (2), Soia
	CT	Preparatore letto di semina (10 cm)	Soia

Tab. 34 – Tipologia e profondità di lavorazione per strategia gestionale con indicazione della coltura interessata

Le colture rilevate in azienda e considerate all'interno della rotazione pluriennale sono state implementate considerando le due diverse gestioni culturali (Tab. 35).

<b>Azienda</b>	<b>Coltura</b>	<b>Identificativo SALUS</b>	<b>Densità di semina gestioni (p/mq)</b>
Azienda 1	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Mais	MZ, Maize	9.5 (NT) – 7.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	38 (NT) – 40 (CT)
	Mais	MZ, Maize	9.5 (NT)
	Loietto e Orzo	MB, Meadow brome grass	400 (NT)
Azienda 2	Colza	AC, Argentine canola	85 (NT) – 80 (CT)
	Mais	MZ, Maize	8 (NT) – 7.5 (CT)
	Soia	SB, Soybean	40 (NT) – 35 (CT)
	Soia II raccolto	SB, Soybean	40 (NT)
	Frumento rado	WH, Wheat	100 (NT)

<b>Azienda</b>	<b>Coltura</b>	<b>Identificativo SALUS</b>	<b>Densità di semina gestioni (p/mq)</b>
	Loietto e Orzo	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
Azienda 3	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Mais	MZ, Maize	7.5 (NT) – 6.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	40 (NT) – 36 (CT)
	Loietto	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
Azienda 4	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Colza	AC, Argentine canola	80 (NT) e 75 (CT)
	Mais	MZ, Maize	8 (NT) e 7.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	48 (NT) e 40 (CT)
	Panico	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Orzo/Veccia	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Loiessa	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
Azienda 5	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Colza	AC, Argentine canola	80 (NT) e 75 (CT)
	Mais	MZ, Maize	8 (NT) e 7.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	48 (NT) e 40 (CT)
	Panico	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Orzo/Veccia	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Loiessa	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
Azienda 6	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Colza	AC, Argentine canola	80 (NT) e 75 (CT)
	Mais	MZ, Maize	8 (NT) e 7.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	48 (NT) e 40 (CT)
	Panico	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Orzo/Veccia	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
	Loiessa	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)
Azienda 7	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Mais	MZ, Maize	7.8 (CT)
	Soia	SB, Soybean	40 (NT)
Azienda 8	Frumento	WH, Wheat	400 (NT e CT)
	Soia	SB, Soybean	50 (NT e CT)
	Orzo/Veccia	MB, Meadow bromegrass	400 (NT)

Tab. 35 – Principali parametri impostati per le diverse colture, anche in funzione della strategia gestionale.

Le simulazioni aziendali con SALUS sono state eseguite considerando le proprietà chimico-fisiche dei terreni aziendali, ricostruiti nel modello sulla base dei risultati delle analisi chimiche a disposizione.



Il codice alfanumerico identificativo dei suoli è composto da quattro parti indicanti rispettivamente l'azienda, l'anno di validazione, la coltura ed il progressivo del campione.

Per tutte le aziende, la profondità del suolo è stata assunta pari a 150 cm, mentre il contenuto di scheletro è stato posto pari a zero. Gli altri parametri necessari al funzionamento di SALUS (ad esempio la capacità di campo e il punto di appassimento) sono stati calcolati a partire dai dati disponibili (Tab.36).

AZ	ID suolo	Tessitura	C.Org (%)	C.S.C meq/100g	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Capacità di campo (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Punto di appassimento (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
Az.1	A12011WH01	Franco-Lim	1.52	21.77	1.41	0.267	0.127
	A12011MZ01	Franco-Lim	0.93	13.26	1.41	0.261	0.125
	A12011MZ02	Franco	1.15	10.68	1.41	0.249	0.112
	A12011SB01	Franco-Lim	1.02	13.34	1.41	0.262	0.125
	A12011SB02	Franco	0.9	11.30	1.41	0.247	0.111
Az.2	A22011CZ01	Franco	2.2	23.23	1.44	0.256	0.113
	A22011SB01	Franco	3.6	29.40	1.42	0.274	0.124
	A22011MZ01	Franco	3.5	27.23	1.44	0.269	0.12
Az.3	A32011MZ01	Franco-Lim	1.8	21.4	1.42	0.264	0.123
	A32011SB01	Franco-Lim	1.43	16.38	1.41	0.266	0.127
	A32011WH01	Franco-Lim	1.73	18.73	1.41	0.269	0.129
Az.4	A42011WH1	Franco-Lim	0.79	6.10	1.41	0.260	0.124
	A42011CZ1	Franco-Lim	1.07	14.32	1.41	0.263	0.125
	A42011MZ1	Franco-Lim	1.06	9.30	1.41	0.262	0.125
	A42011SB1	Franco-Lim	0.88	9.22	1.41	0.261	0.124
Az.5	A52011ALL	Franco-Arg	1.03	25.23	1.32	0.251	0.114
Az.6	A62011ALL	Franco	1.02	25.87	1.42	0.246	0.109
Az.7	A72011WNT	Franco-Sab	1.38	21.10	1.49	0.242	0.104
	A72011WCT	Franco-Lim	1.38	21.10	1.35	0.265	0.126
Az.8	A82011ALL	Franco-Arg	4.8	34.30	1.41	0.261	0.124

Tab. 36 – Caratteristiche fisico-chimiche dei suoli aziendali utilizzati per il dataset.

Per quanto riguarda la componente climatica, ogni azienda ha visto il recupero di dati giornalieri storici (pre-2011) derivanti dalla stazione agrometeorologica ARPA–Veneto più vicina all’azienda campionata (Tab. 37). Sulla base di tali dati e, conformemente agli scenari di cambiamento climatico codificati a livello internazionale è stata simulata la componente climatica giornaliera per il periodo 2012-2025 (Fig. 46, Fig. 47, Fig. 48, Fig. 49).

Per entrambe le strategie gestionali aziendali (NT e CT), le simulazioni sono state condotte tanto per il periodo 2011-2015 quanto per il periodo 2011-2025.

Azienda	Stazione Agrometeorologica	Altimetria (m/slm)	Coordinate (Gauss-Boaga)
Azienda 1	Mira (VE)	5	Ovest: x 1743864 y 5036132
Azienda 2	Gesia-Cavarzere (VE)	1	Ovest: x 1742665 y 5005550
Azienda 3	Eraclea (VE)	2	Ovest: x 1789122 y 5056679
Azienda 4	Portogruaro (VE)	0	Ovest: x 1807248 y 5068864
Azienda 5	Mogliano V.to (TV)	5	Ovest: x 1758086 y 5052812
Azienda 6	Villadose (RO)	0	Ovest: x 1730075 y 4995054
Azienda 7	Villadose (RO)	0	Ovest: x 1730075 y 4995054
Azienda 8	Villadose (RO)	0	Ovest: x 1730075 y 4995054

Tab. 37 – I dati climatici giornalieri storici derivano dalle stazioni agrometeorologiche ARPA – Veneto più prossime alle aziende campionate.

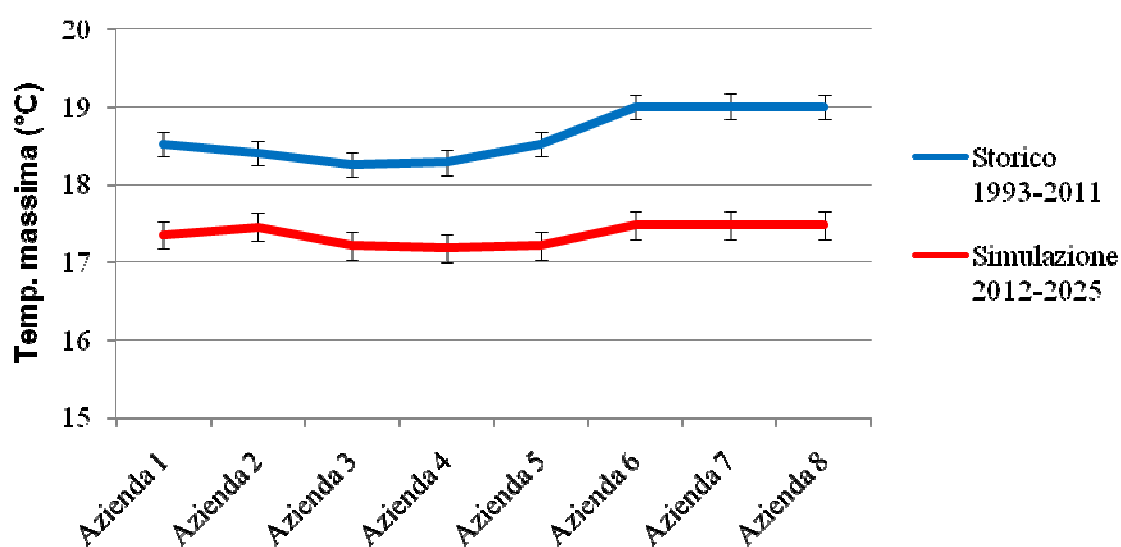


Fig. 46 – Media storica e simulata delle temperature massime per azienda campionata.

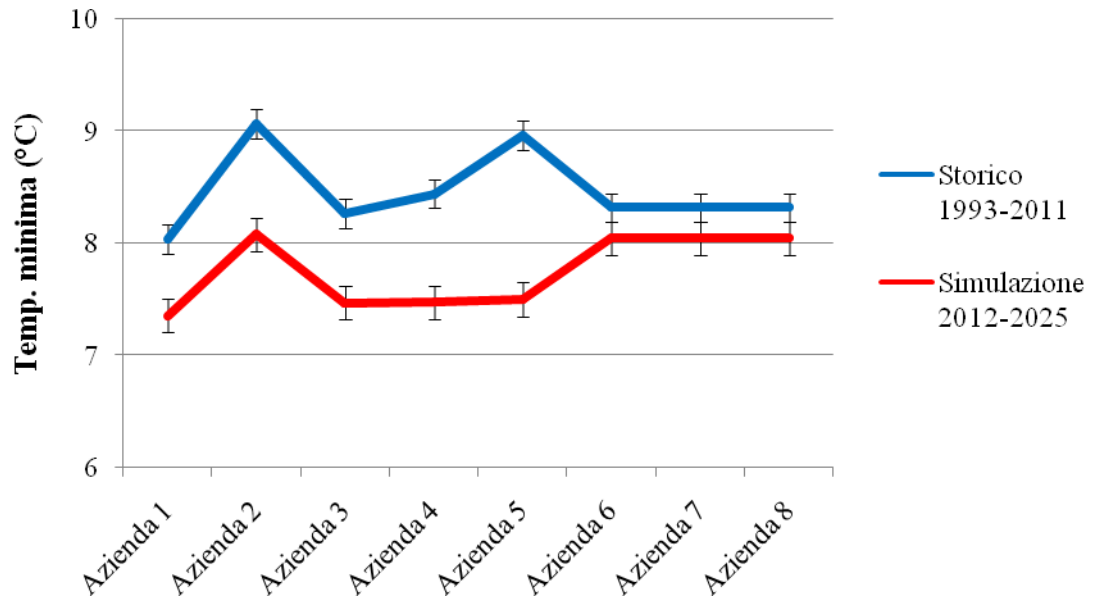


Fig. 47 – Media storica e simulata delle temperature minime per azienda campionata.

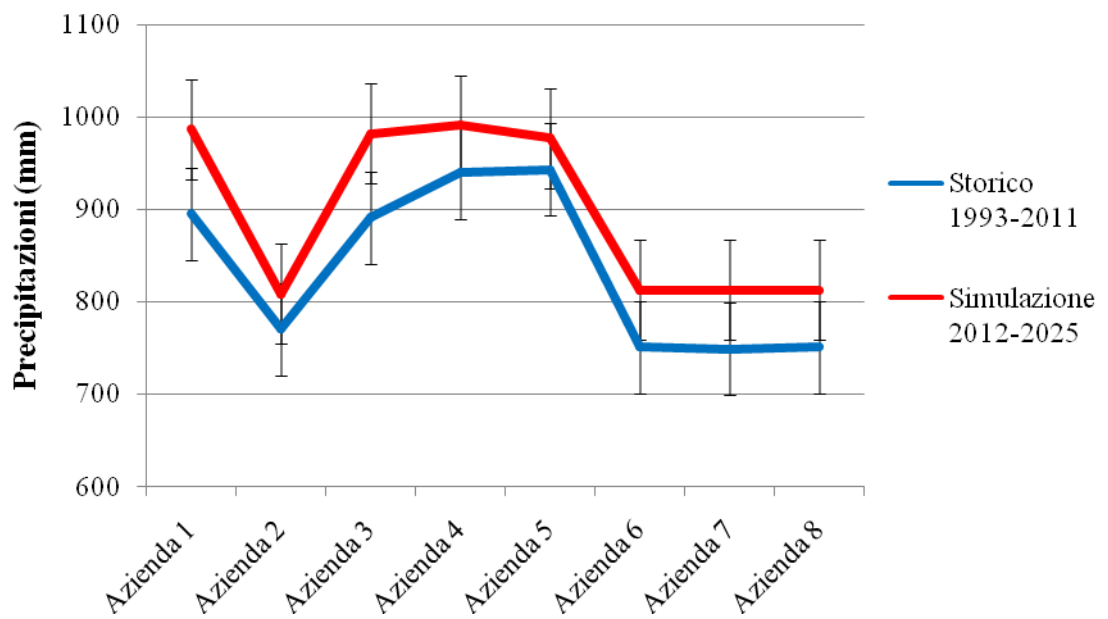


Fig. 48 – Media storica e simulata delle precipitazioni per azienda campionata.

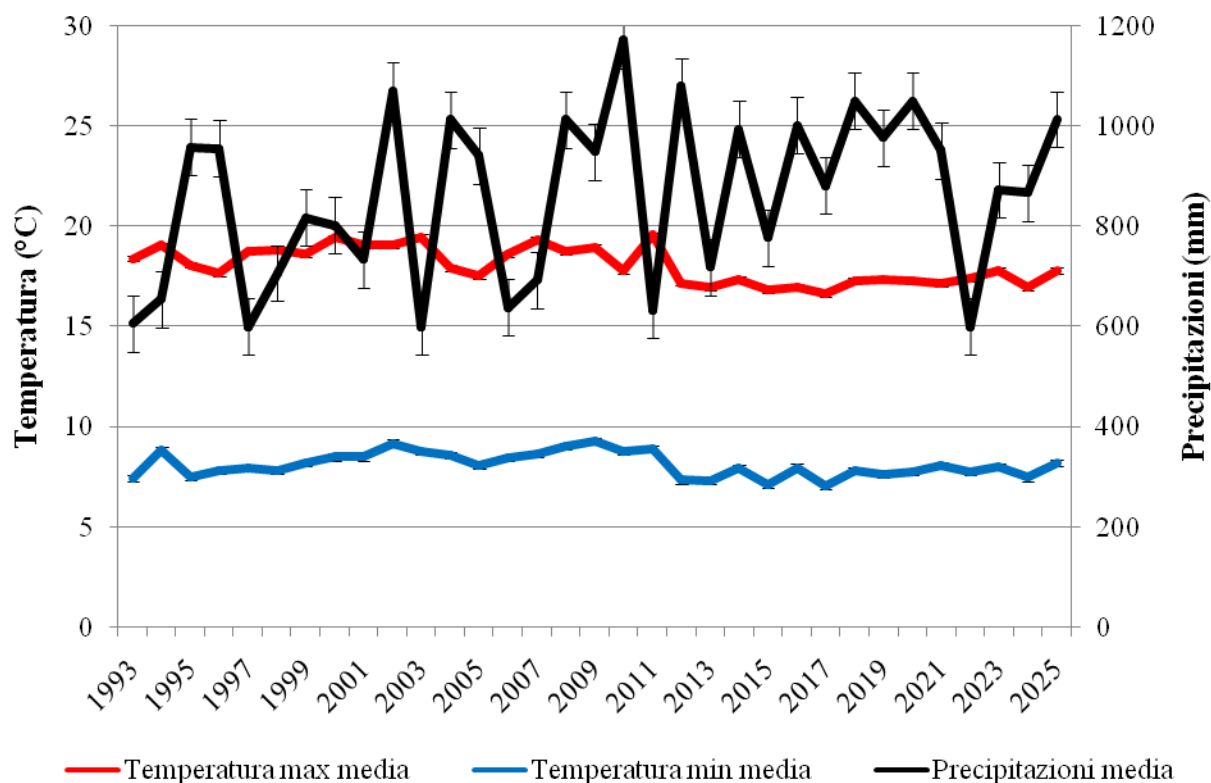


Fig. 49 – Media storica e simulata delle temperature minime, massime e precipitazioni per anno.

Infine, per quanto concerne la gestione colturale delle due rotazioni (Tab. 38; Tab. 39; Tab. 40), sono stati rispettati tempi e tipologia delle lavorazioni colturali, oltre che tempi, dosi e tipologia di fertilizzanti e sementi adottati per la validazione del modello che, come già accennato, ricalcano fedelmente le scelte adottate realmente in campo.

Solo in qualche caso, rispetto alle impostazioni utilizzate in fase di validazione del modello, sono state apportate alcune modifiche tali da integrare al meglio le singole colture all'interno della rotazione.

In particolar modo, si è reso necessario posticipare di qualche giorno la semina di una coltura, sia nell'ambito della gestione NT (Misura 214/i – Azione 1) che della gestione CT (Convenzionale aziendale) o anticipare le operazioni di raccolta (es. Soia) per compensare un anticipo delle date di semina di colture autunno-vernine (es. Frumento).

Rotazione	Azienda 1		Azienda 2		Azienda 3	
	NT	CT	NT	CT	NT	CT
2010/2011	Frumento	Frumento	Colza	Colza	Frumento	Frumento
2011	Mais II	-	Soia II	-	Soia II	-
2011/2012	Loietto+orzo	-	Loietto+orzo	-	Loietto	-
2012	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais
2012/2013	Loietto+orzo	-	Frumento rado	-	Loietto	-
2013	Soia	Soia	Soia	Soia	Soia	Soia
2013/2014	Frumento	Frumento	Colza	Colza	Frumento	Frumento
2014	Mais II	-	Soia II	-	Soia II	-
2014/2015	Loietto+orzo	-	Loietto+orzo	-	Loietto	-
2015	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais

Tab. 38 – Rotazione colturale quinquennale adottata per le aziende 1, 2 e 3

Rotazione	Azienda 4		Azienda 5		Azienda 6	
	NT	CT	NT	CT	NT	CT
2010/2011	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento
2011	Panico	-	Panico	-	Panico	-
2011/2012	Colza	Colza	Colza	Colza	Colza	Colza
2012	Panico	-	Panico	-	Panico	-
2012/2013	Orzo+Veccia	-	Orzo+Veccia	-	Orzo+Veccia	-
2013	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais	Mais
2013/2014	Orzo+Veccia	-	Orzo+Veccia	-	Orzo+Veccia	-
2014	Loietto	-	Loietto	-	Loietto	-
2014/2015	Soia	Soia	Soia	Soia	Soia	Soia
2015	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento

Tab. 39 – Rotazione colturale quinquennale adottata per le aziende 4, 5 e 6

Rotazione	Azienda 7		Azienda 8	
	NT	CT	NT	CT
2010/2011	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento
2011	Soia II	-	Soia II	
2011/2012	Frumento	-	Veccia + Orzo	
2012	Soia II	Mais	Soia	Soia
2012/2013	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento
2013	Soia II	-	Soia II	
2013/2014	Frumento	-	Veccia + Orzo	
2014	Soia II	Mais	Soia	Soia
2014/2015	Frumento	-	Frumento	Frumento
2015	Soia II	Frumento	Soia II	

Tab. 40 – Rotazione colturale quinquennale adottata per le aziende 7 e 8

La validazione del modello e la successiva simulazione degli avvicendamenti è stata effettuata per le diverse tipologie di suolo aziendali “ricostruiti” nel modello sulla base dei risultati delle analisi chimiche a disposizione dall’azienda e della Carta dei Suoli.

La necessaria valutazione dell’affidabilità delle previsioni di SALUS, in relazione agli input forniti ed alle impostazioni adottate nelle aziende campionate, è stata effettuata confrontando le rese simulate dal modello stesso per l’annata agraria 2010-2011 ed i dati misurati in campo per le stesse colture e la stessa annata (Tab. 41 ; Fig. 50).

La disponibilità delle caratteristiche dei suoli e di dati climatici fino all’anno 2011 ha permesso di simulare le tre colture in condizioni pedoclimatiche “reali”, in modo da rendere tale verifica più precisa possibile.

Anche per quanto concerne la gestione colturale delle tre colture in esame, sono stati rispettati tempi e tipologia delle lavorazioni colturali, oltre che tempi, dosi e tipologia di fertilizzanti e sementi impiegati in campo.

<b>Azienda</b>	<b>Coltura</b>	<b>Gestione</b>	<b>Produzione REALE (q.li/ha)</b>	<b>Produzione SIMULATA (q.li/ha)</b>	<b>Delta<sup>2</sup></b>
Azienda 1	Mais	NT	98	101	9
	Mais	CT	140	125	225
	Soia	NT	40	38	4
	Frumento	NT	66	56	100
Azienda 2	Colza	NT	22	27	25
	Mais	NT	60	75	225
	Mais	CT	105	106	1
	Soia	NT	32	31	1
	Soia	CT	40	37	9
Azienda 3	Mais	NT	110	94	256
	Mais	CT	128	127	1
	Soia	NT	45	37	64
	Soia	CT	49	37	144
	Frumento	NT	53	55	4
	Frumento	CT	64	62	4
Azienda 4	Frumento	NT	18,4	17,8	0,36
	Frumento	CT	48,6	35,9	161,29
	Mais	NT	51,5	56	20,25
	Mais	CT	116	125,2	84,64
	Soia	NT	24	29,9	34,81
	Soia	CT	23	30,7	59,29

Azienda 5	Colza	CT	25,1	29,2	16,81
	Mais	NT	45,5	57,5	144
	Mais	CT	109,7	110,5	0,64
	Soia	NT	11,7	11,9	0,04
	Soia	CT	24,6	28,9	18,49
Azienda 6	Colza	NT	28,4	31,7	10,89
	Colza	CT	13	6,6	40,96
	Frumento	CT	60	56,5	12,25
	Mais	NT	62,2	72,3	102,01
	Mais	CT	105	102	9
	Soia	NT	30,3	31,9	2,56
	Soia	CT	36,6	32,7	15,21
Azienda 7	Frumento	NT	55	56,4	1,96
	Frumento	CT	70	69,3	0,49
Azienda 8	Frumento	NT	60	59	1
	Soia	NT	30	30,1	0,01
<b>SOMMA</b>					<b>1808,96</b>
<b>MEDIA</b>					<b>48,89</b>
<b>R.M.S.E</b>					<b>6,99</b>

Tab. 41 – Confronto tra produzioni reali e simulate per la validazione del modello.

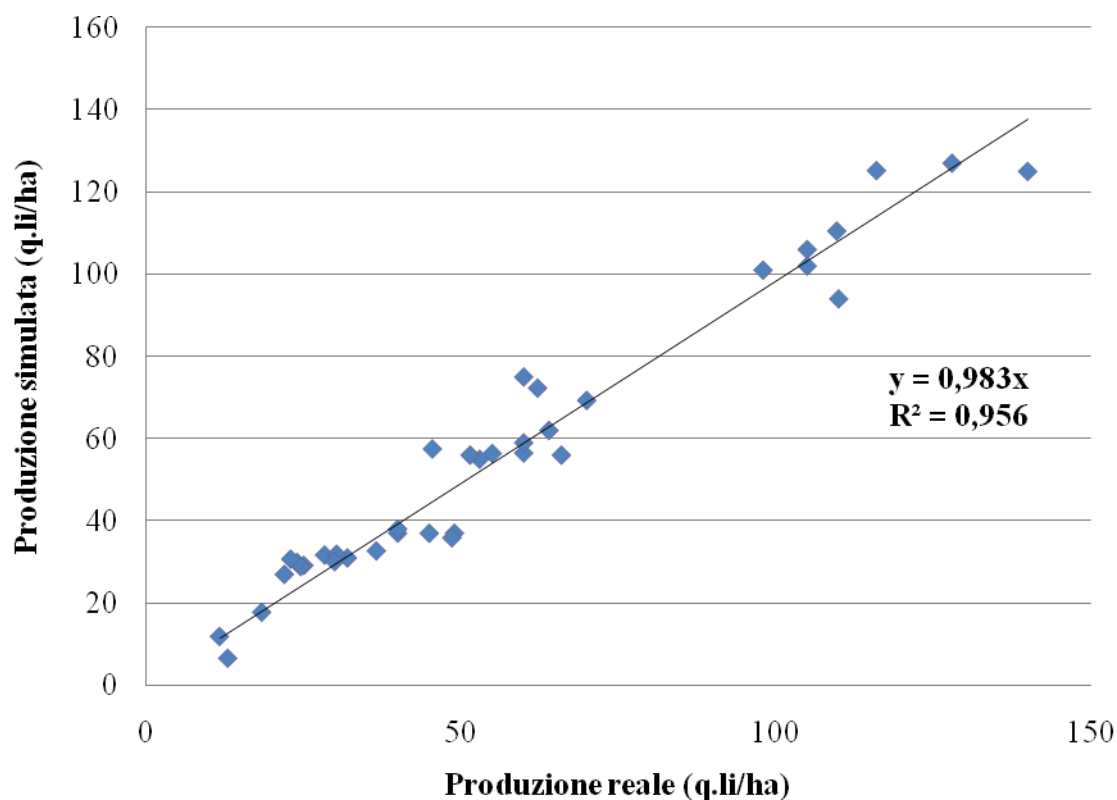


Fig. 50 – Produzioni reali e simulate utilizzate per la validazione del modello SALUS.





## **CAPITOLO VIII – RISULTATI E DISCUSSIONI**

### **8.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull'investimento colturale**

#### **8.1.1 Analisi penetrometrica**

Il compattamento del terreno rappresenta una delle problematiche più importanti che potrebbero compromettere i vantaggi derivanti da una gestione sodiva in quanto gli effetti negativi incidono sia sulla qualità ed uniformità di semina che sulla fase di germinazione/emergenza della coltura.

La diretta conseguenza della riduzione della macroporosità, tipica di un fenomeno di compattamento è molto spesso rappresentata da un rilevante cambiamento delle proprietà chimico-fisiche e biologiche che definiscono la fertilità del terreno stesso.

Un'alterazione della porosità porta infatti a un aumento della densità apparente del terreno con una conseguente riduzione della sua permeabilità, dell'entità degli scambi gassosi e della temperatura. Un terreno compattato essendo quindi meno permeabile presenterà una ridotta capacità di infiltrazione idrica che porterà alla comparsa di fenomeni di ristagno superficiale e di saturazione lungo tutto il suo profilo.

Una maggiore densità apparente e la possibile presenza di masse compatte (es. suole di lavorazione, dislivelli superficiali), porta a un ambiente inidoneo per la germinazione e la crescita radicale, dovuto a una riduzione dello spazio per l'allungamento radicale e a una forte contrazione del tasso di ossigeno disponibile. Questa condizione sfavorevole porta conseguentemente anche a un minor assorbimento di elementi nutritivi da parte dell'apparato radicale. Tutto ciò può essere origine di consistenti perdite di resa; per i cereali si sono rilevate, infatti, riduzioni di produzione fino al 25% in terreni argillosi e fino al 15% in terreni sciolti (Pezzuolo e Sartori, 2012 a).

La forte suscettibilità a tali problematiche da parte di terreno gestito in assenza di lavorazioni (semina su sodo) tuttavia non deriva solo da possibili azioni "indotte" da parte dell'agricoltore come ad esempio la compressione provocata dall'organo di propulsione di una macchina motrice qualora si operi in condizioni di terreno non in tempera, ma anche da evoluzioni "naturali" che il terreno attua nella fase transitoria da

una gestione convenzionale a una gestione conservativa dello stesso. Si è potuto constatare, come la presenza di terreni con livelli di fertilità medio - bassa richieda un periodo transitorio più prolungato rispetto a terreni con importante dotazione di sostanza organica in quanto necessitano di un preliminare riequilibrio fisico e biologico a livello di terreno.

In tale situazione, la vulnerabilità a fenomeni di compattamento è molto elevata e il protrarsi di tali condizioni può portare a bruschi abbandoni della tecnica conservativa.

Le rilevazioni penetrometriche eseguite presso l'azienda agricola Diana di Mogliano Veneto (TV), sia per quanto riguarda gli appezzamenti destinati a mais/soia che a frumento/colza hanno presentato forti analogie.

Le superfici sperimentali destinate alla Misura 214/i - Azione 1 (semina su sodo) hanno fatto registrare i valori più elevati in termini di compattazione del terreno. In particolare, gli appezzamenti investiti a mais e soia hanno evidenziato maggiori valori nello strato 0-25cm arrivando anche fino a 1,8 MPa (Fig. 51), mentre, su frumento e colza, i valori sono arrivati a superare abbondantemente i 3 MPa nello strato 25-40cm (Fig. 52).

Le superfici gestite con lavorazione convenzionale e l'utilizzo di colture di copertura (Misura 214/i - Azione 2) e il testimone di riferimento (lavorazione convenzionale) non hanno dato spiccate differenze nei valori riscontrati.

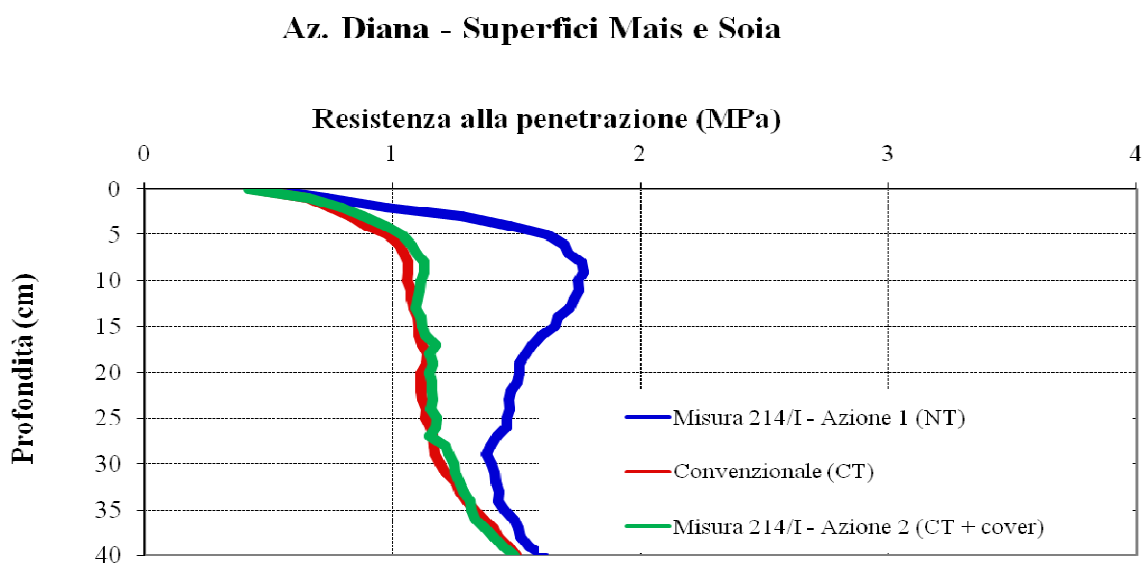


Fig. 51 – Esito dell'analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a mais e soia eseguita presso l'azienda Diana di Mogliano Veneto (TV).

## Az. Diana - Superfici Frumento e Colza

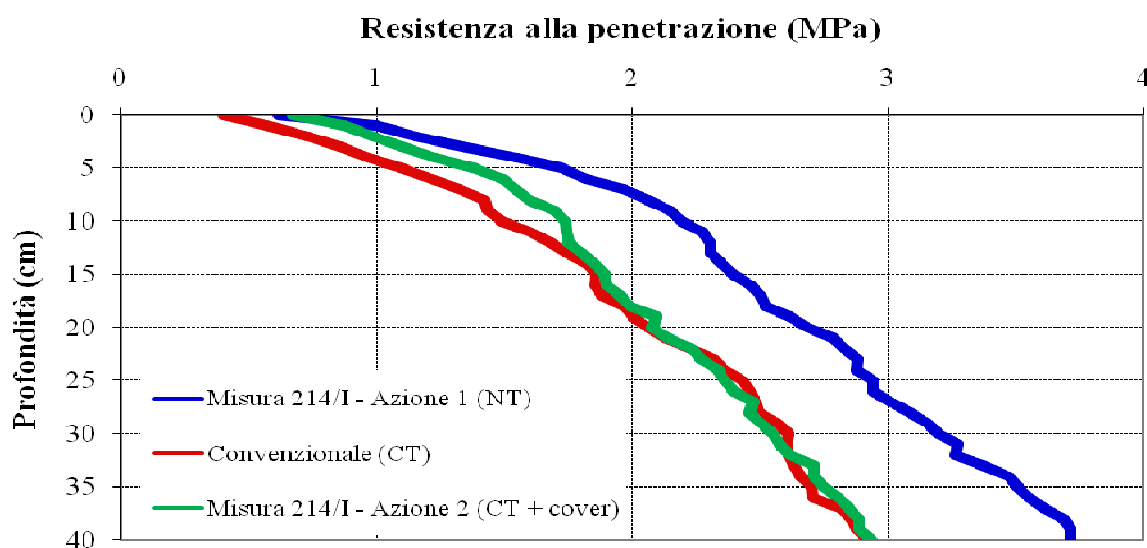


Fig. 52 – Esito dell’analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a frumento e colza eseguita presso l’azienda Diana di Mogliano Veneto (TV).

Per quanto riguarda l’azienda agricola Sasse-Rami di Ceregnano (RO), dalle rilevazioni effettuate, gli appezzamenti destinati a mais e soia (Fig. 53) hanno presentato un andamento paragonabile a quelli dell’azienda Diana di Mogliano V.to (TV), evidenziando un’importante differenza di valori derivanti dalle superfici ad Azione 1 e le restanti tesi sperimentali (Azione 2 e convenzionale di confronto).

Osservando i profili grafici forniti dal penetrometro, dalla superficie sodiva non sembra emergere la presenza di zone compattate nei primi 20-30 cm in quanto i valori registrati evidenziano un andamento tutto sommato uniforme al variare della profondità, tuttavia, i valori riscontrati risultano essere notevolmente più elevati rispetto alle altre tesi sperimentali.

Tra gli appezzamenti gestiti ad Azione 2 e le superfici condotte in modo convenzionale non emergono differenze sostanziali nello strato 0-10 cm, ma nello strato 10-30 l’Azione 2 risulta essere più compattata rispetto al convenzionale.

Riguardo gli appezzamenti investiti a frumento e colza, dall’elaborazione dei dati relativi alla resistenza alla penetrazione non emergono invece differenze significative tra le tre tesi sperimentali lungo il profilo analizzato (Fig. 54).

### Az. SasseRami - Superfici Mais e Soia

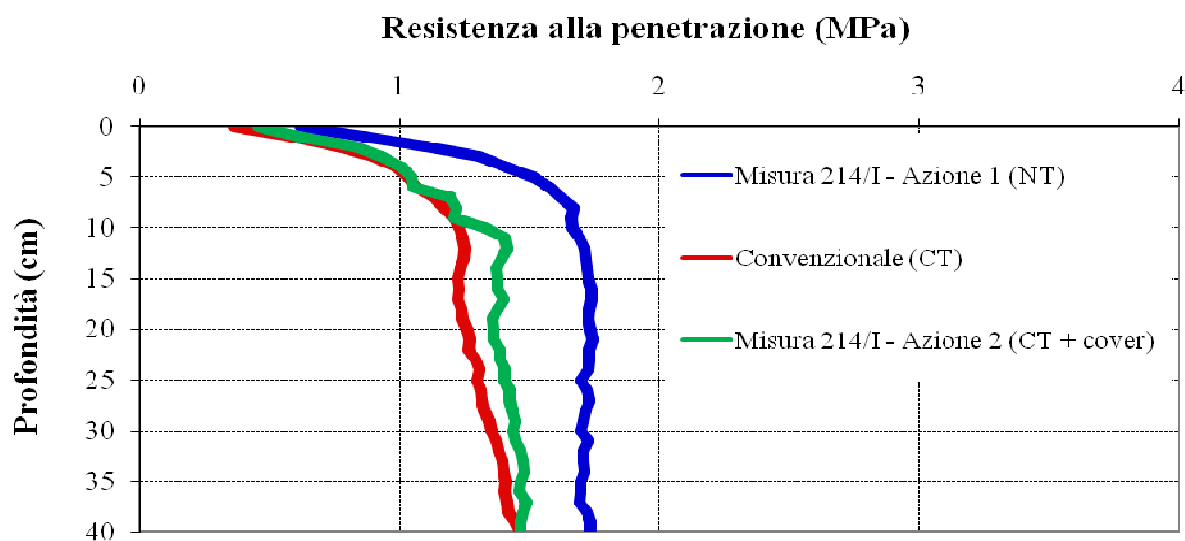


Fig. 53 – Esito dell’analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a mais e soia eseguita presso l’azienda Sasse-Rami di Ceregnano (RO).

### Az. SasseRami - Superfici Frumento e Colza

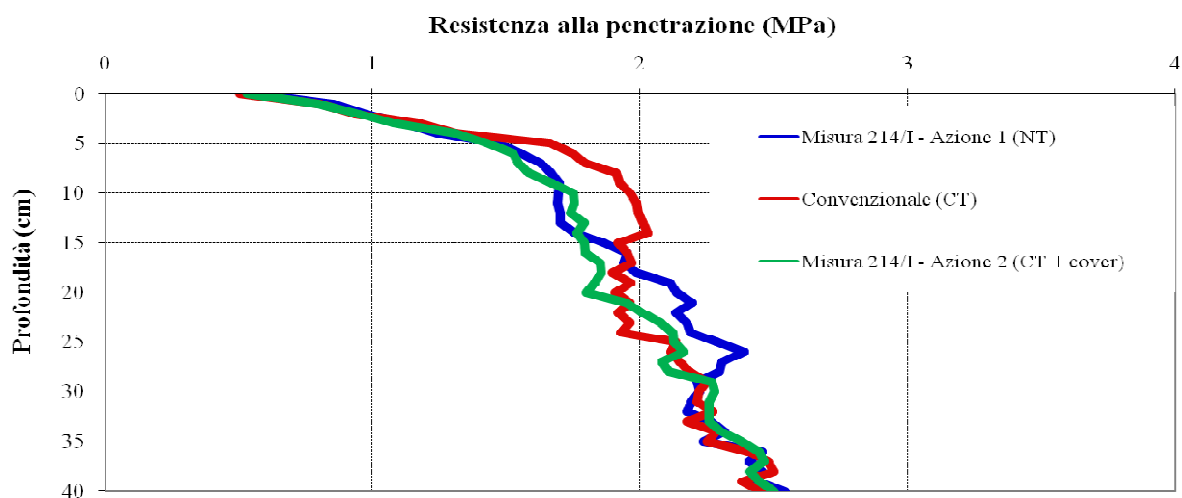


Fig. 54 – Esito dell’analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a frumento e colza eseguita presso l’azienda Sasse-Rami di Ceregnano (RO).

Infine, le rilevazioni penetrometriche condotte presso l’azienda agricola ValleVecchia di Caorle (VE), hanno evidenziato un andamento analogo a quello registrato nelle altre aziende agricole rilevate, sia negli appezzamenti destinati a mais e soia che in quelli a frumento e colza.

I rilievi condotti sulle superfici in Azione 1 hanno presentato una resistenza alla penetrazione considerevole, arrivando nello strato 10-20 cm di profondità a valori di

2,5-2,7 MPa (Fig. 55) evidenziando un'importante differenza di compattazione rispetto alle restanti tesi sperimentali (Azione 2 e convenzionale di confronto).

Riguardo gli appezzamenti investiti a frumento e colza, non sono emerse differenze significative tra le tre tesi sperimentali in termini di resistenza alla penetrazione, tuttavia le superfici in azione 1 sembrano essere sensibilmente più compatte nello strato 0-15 cm (Fig. 56).

#### Az. ValleVecchia - Superfici Mais e Soia

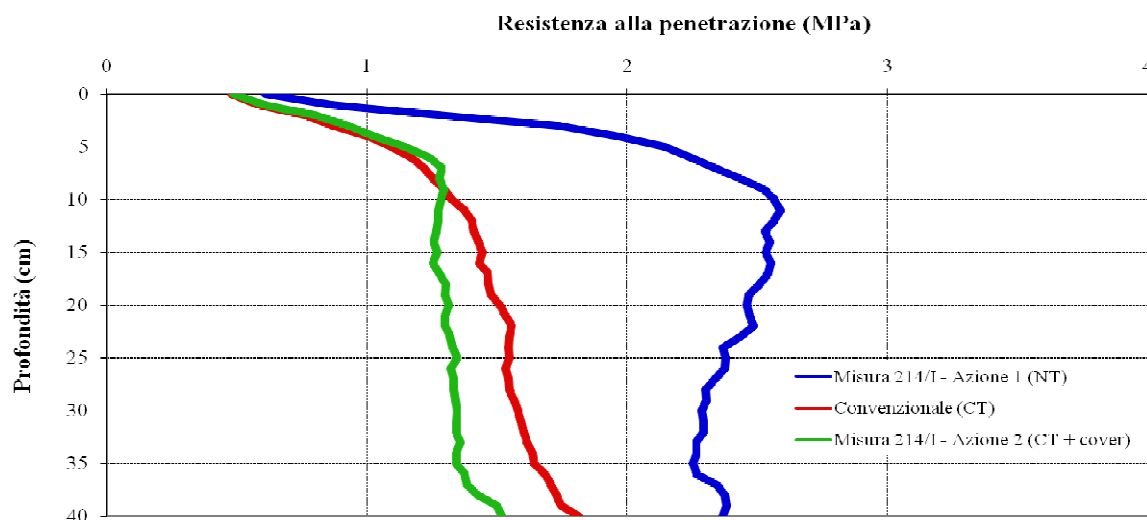


Fig. 55 – Esito dell'analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a mais e soia eseguita presso l'azienda ValleVecchia di Caorle (VE).

#### Az. ValleVecchia - Superfici Frumento e Colza

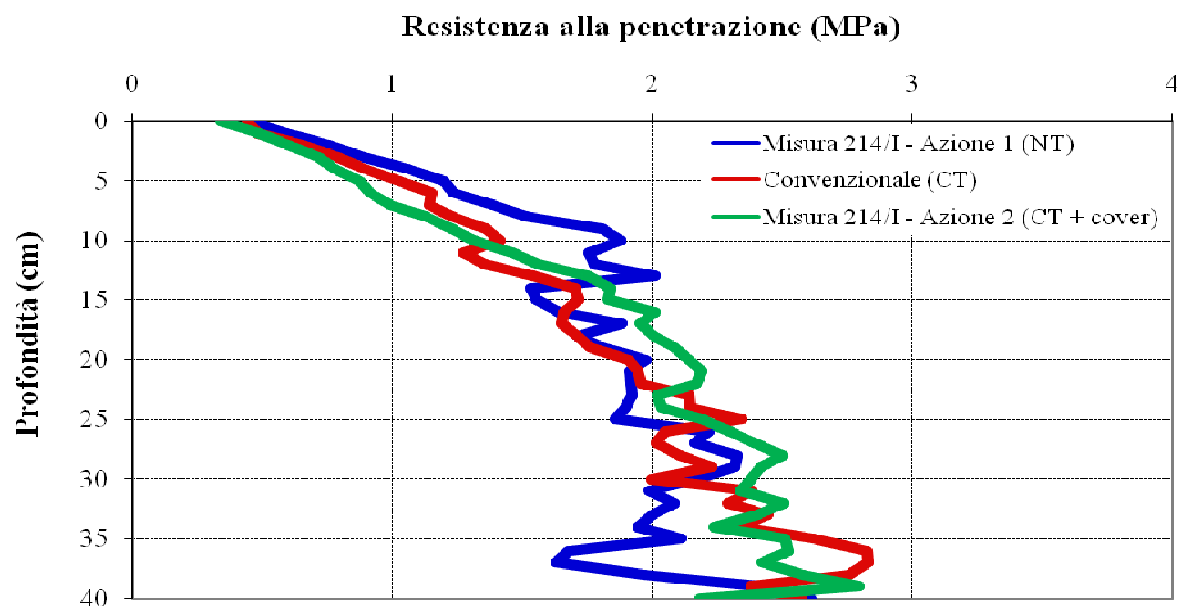


Fig. 56 – Esito dell'analisi penetrometrica relativa agli appezzamenti destinati a frumento e colza eseguita presso l'azienda ValleVecchia di Caorle (VE).

Analizzando l'indice di cono (CI) derivante dal profilo di terreno 0-40 cm, rilevato nelle tre aziende e per le superfici impegnate a mais e soia (Fig. 57), tra le tesi "Azione 2" e "Convenzionale (CT)" emerge un andamento analogo con valori compresi tra 1,2 MPa e 1,4 MPa, mentre per quanto riguarda l'azione 1, i valori sono risultati essere superiori a 1,5 MPa, arrivando anche a valori massimi di 2,3 MPa (azienda ValleVecchia).

Le analogie di trend riconducibili alle tesi "Azione 2" e "Convenzionale (CT)" sono imputabili alla medesima applicazione delle lavorazioni del terreno che si ricorda essere per entrambi basate sulla inversione degli strati. Tuttavia, il ritardo nella lavorazione del terreno, necessario nell'Azione 2 per lasciare spazio alla copertura di copertura, può aver determinato in qualche caso (es. Sasse Rami) un maggiore compattamento dovuto al fatto che si va ad operare le lavorazioni nel periodo primaverile, spesso oggetto di importanti e frequenti precipitazioni, che specialmente in presenza di terreni particolarmente pesanti possono accentuare questa problematica.

Gli elevati valori fatti registrare dalle superfici impegnate dalla Misura 214/i - Azione 1 (NT) evidenziano un livello di indice di cono (CI) tale da poter influire negativamente sulla germinazione e successive fasi di sviluppo della pianta.

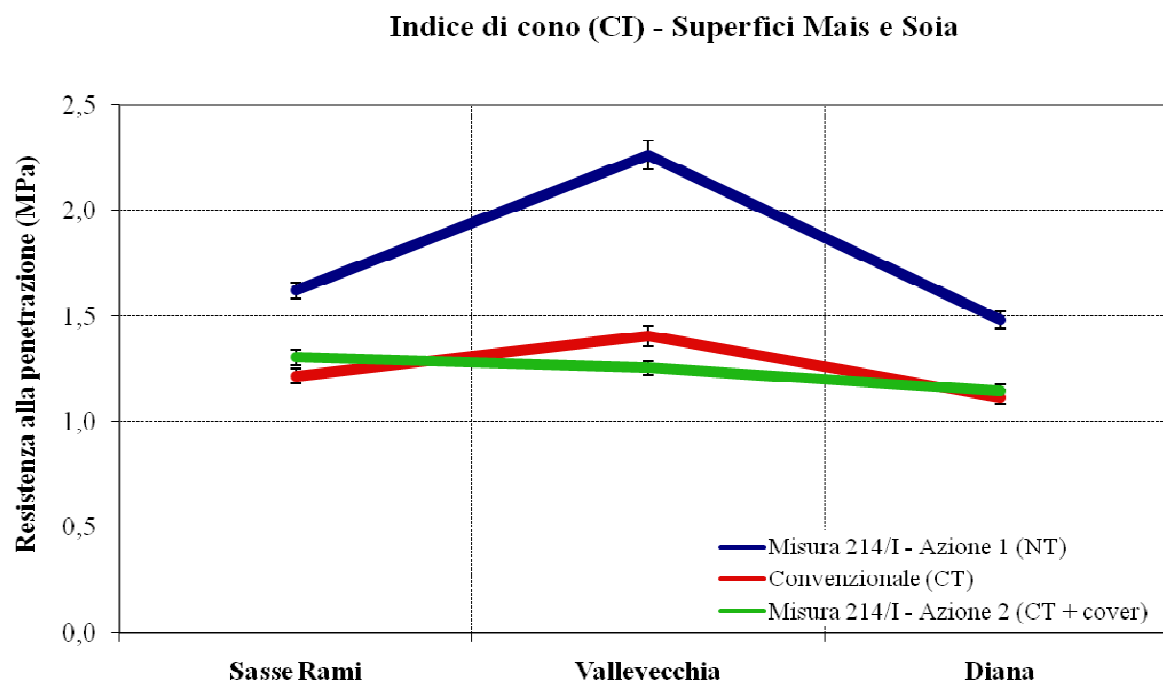


Fig. 57 – Indice di cono (0-40 cm) delle tre aziende campionate per gli appezzamenti destinati a mais e soia

Mentre per quanto riguarda l'indice di cono relativo alle rilevazioni condotte sugli appezzamenti destinati a frumento e colza (Fig. 58), i valori delle tre tesi (azione 1, testimone ed azione 2), non superando quota 2 MPa, sono risultati essere in linea per le aziende Sasse Rami e ValleVecchia, mentre per l'azienda Diana, tra l'azione 1 e le restanti tesi sperimentali si è presentata una differenza di 0,6 MPa.

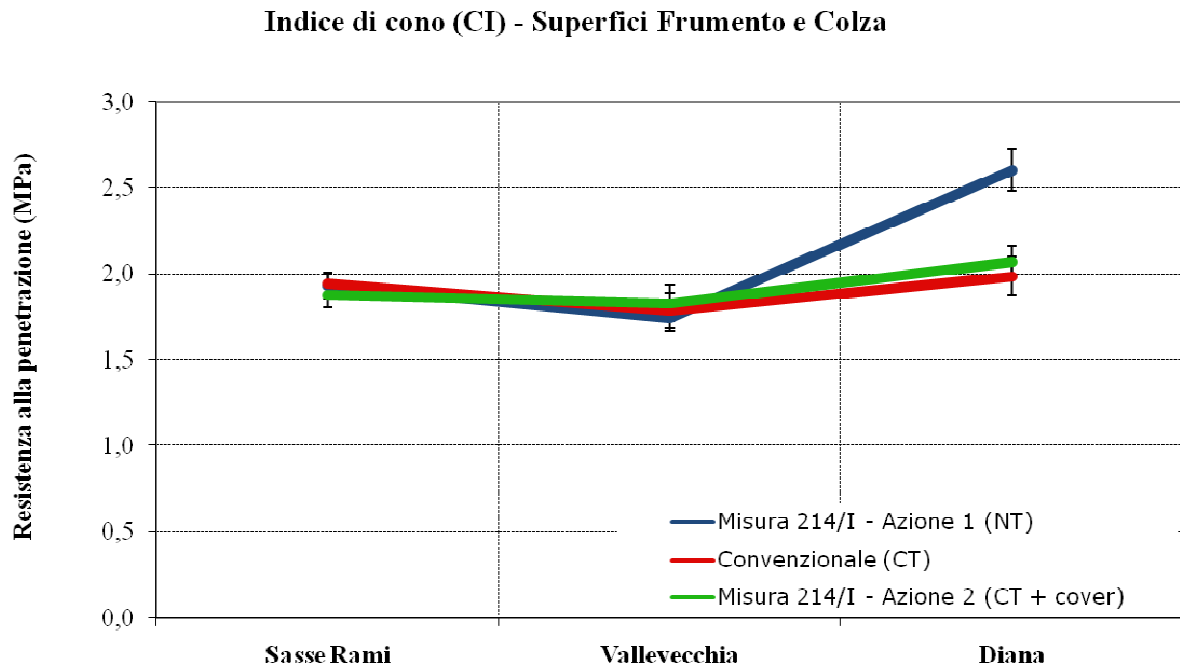


Fig. 58 – Indice di cono (0-40 cm) delle tre aziende selezionate per gli appezzamenti destinati a frumento e colza.

Concludendo, la resistenza alla penetrazione, parametro di fondamentale importanza per una regolare germinazione e sviluppo della pianta, dalle rilevazioni effettuate, è risultata essere molto spesso più elevata nelle superfici sodive (azione 1) rispetto alle altre due tesi (azione 2 e convenzionale) che invece non hanno dimostrato sostanziali differenze.

Ai fini dell'interpretazione di tale aspetto è importante preliminarmente limitare il più possibile l'induzione di questo fenomeno da parte dell'agricoltore, ma come già anticipato, non si deve non considerare l'incidenza del periodo transitorio sulle proprietà chimico-fisiche del suolo da una gestione convenzionale, specialmente nei primi anni di adozione.

Importante sarà quindi la riproposizione della medesima analisi a distanza di 5 anni (2015-2016) al fine di valutare l'evoluzione delle proprietà del suolo, avendo cura nel frattempo di ridurre il più possibile le cause di compattamento superficiale del terreno legate alla meccanizzazione.

## 8.1.2 Valutazione dell'investimento colturale per le colture di mais e soia

### *Investimenti colturali e analisi delle fallanze per la coltura del mais*

Dall'elaborazione dei tre anni di indagine (Tab. 42) in merito alla valutazione degli investimenti colturali di mais, emergono importanti differenze tra i parametri monitorati.

	Densità reale (%)		Piante sane (%)		Piante non sane (%)											
					Totale piante non sane (%)		Elateridi (%)		Nottue (%)		Fitofagi ipogei (%)		Crosta superfic. (%)		Altro (%)	
<b>ANNO</b>																
2011	70,94	a	68,24	a	2,70	a	2,38	a	0,08	a	0,01	a	0,22	a	0,00	a
2012	78,19	b	75,85	b	2,33	b	1,58	b	0,05	a	0,00	a	0,70	b	0,00	a
2013	73,13	c	70,38	c	2,75	a	1,76	b	0,00	b	0,00	a	1,00	c	0,00	a
<b>AZIENDA</b>																
DIANA	74,85	a	72,87	a	1,98	a	1,28	a	0,00	a	0,00	a	0,69	a	0,00	a
SASSE_RAMI	74,54	ab	71,45	ab	3,09	b	2,28	b	0,14	b	0,01	a	0,66	a	0,00	a
VALLE_VECCHIA	72,87	b	70,15	b	2,72	c	2,16	b	0,00	a	0,00	a	0,56	a	0,00	a
<b>TESI</b>																
Misura 214/i - Azione 1	60,19	a	57,70	a	2,49	a	2,01	a	0,01	a	0,00	a	0,47	a	0,00	a
Misura 214/i - Azione 2	70,97	b	68,16	b	2,81	a	1,93	a	0,00	a	0,00	a	0,88	b	0,00	a
Convenzionale Azione 1	82,52	c	80,00	c	2,53	a	1,82	a	0,09	b	0,00	a	0,62	a	0,00	a
Convenzionale Azione 2	82,66	c	80,11	c	2,55	a	1,88	a	0,09	b	0,00	a	0,58	a	0,00	a
<b>ANOVA p-values</b>																
ANNO	< 0,01		< 0,01		0,01		< 0,01		< 0,01		0,14		< 0,01		< 0,01	
AZIENDA	0,05		0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,14		0,20		< 0,01	
TESI	< 0,01		< 0,01		0,29		0,59		< 0,01		0,57		< 0,01		< 0,01	
ANNO x AZIENDA	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,09		< 0,01		< 0,01	
ANNO x TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,10		0,68		< 0,01		< 0,01	
AZIENDA x TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,68		0,35		< 0,01	
ANNO x AZIENDA x TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,05		0,78		0,07		< 0,01	

Tab. 42– Rilevazioni condotte su mais nei 3 anni di prova e nelle 3 aziende sperimentali

La densità reale di campo rappresenta un primo parametro di osservazione molto importante per la valutazione dell'investimento colturale.



Tale valore è stato ricavato sommando il numero di piante che presentavano uno sviluppo nella media (piante sane) con il numero di piante che al momento delle osservazioni presentavano una sintomatologia (es. danno da elateridi, nottue, fitofagi ipogei, crosta superficiale o altre cause) che le deviava dalla loro normale condizione di sviluppo (piante non sane).

Le superfici delle tre aziende sperimentali gestite adottando la Misura 214/i – Azione 1 hanno fatto registrare una densità reale di campo pari al 60% della densità teorica, seguite dalle superfici gestite adottando la Misura 214/i – Azione 2 con il 70% e i rispettivi convenzionali con l'82%.

Analogo trend è emerso dalla valutazione della percentuale di piante sane, dove si è assistito a un gap di circa il 20% tra le superfici gestite a semina su sodo (Azione 1) e il convenzionale di riferimento.

Tuttavia, dall'osservazione della quota di piante sane emergono differenze statisticamente significative tra le superfici gestite adottando la Misura 214/i – Azione 1 e 2 e i rispettivi convenzionali di riferimento, infatti, le azioni mostrano una percentuale di piante sane del 57% per quanto riguarda l'Azione 1 e 68% per l'Azione 2, mentre i rispettivi convenzionali presentano valori prossimi all'80% avvicinandosi di molto alla densità reale di campo.

Emerge quindi che l'incidenza delle tecniche di lavorazione del terreno sulla densità reale è importante ma non sembrano incidere in maniera statisticamente significativa sulla percentuale di piante non sane. Infatti, per le azioni e i convenzionali la percentuale di piante non sane non va oltre il 2,8% dell'Azione 2, con valori che negli altri casi si aggirano attorno al 2,5%.

Anche al variare delle annate agrarie (temperature e umidità possono infatti determinare variazioni significative) la percentuale di piante non sane non ha subito sostanziali variazioni tranne nel 2012, dove, a fronte di un 2,7% circa per le annate 2011 e 2013, si caratterizza per un valore di 2,3%.

Si può dire quindi che dalle osservazioni raccolte, per la coltura del mais, la tipologia di lavorazione del terreno ha effetti significativi sulla densità reale ma non sul numero di piante non sane, tematica particolarmente ricorrente quando si parla di AC. Infatti, l'incidenza della tecnica è dovuta per lo più alla quota di fallanze che vanno a contrarre la densità di reale di campo come si evince dalla figura 58 .

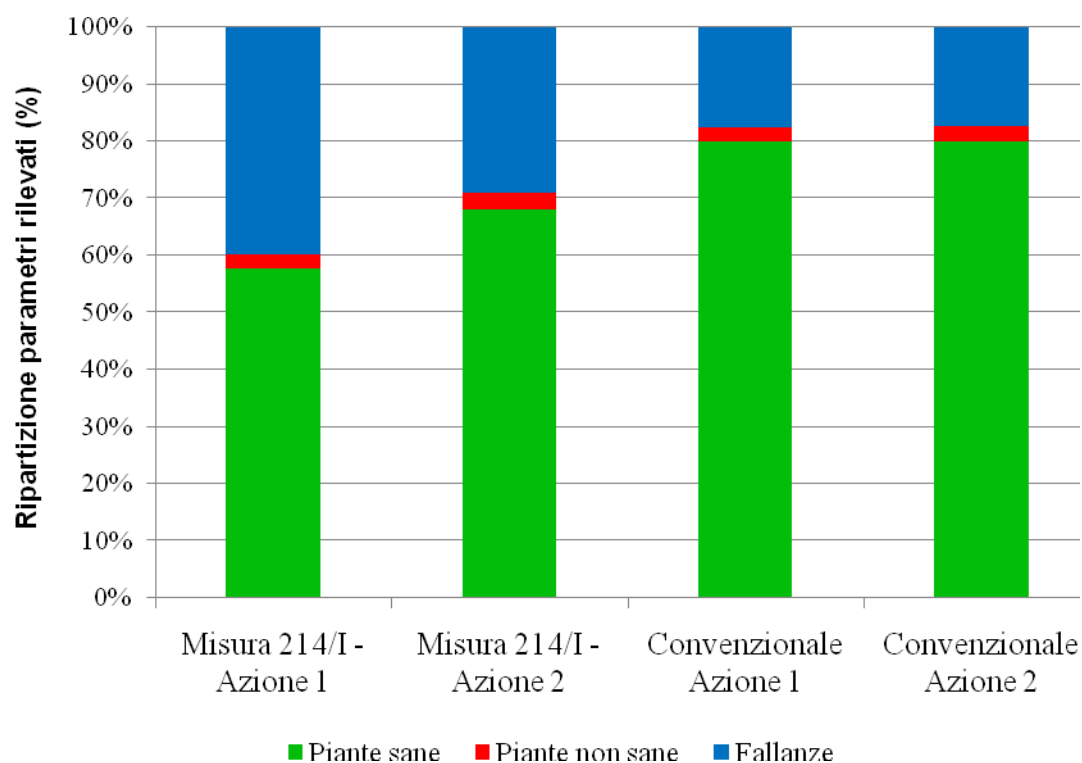


Fig. 58 – Incidenza percentuale della quota di piante sane, non sane e fallanze al variare delle quattro tesi sperimentali per la coltura del mais.

Relativamente al numero di piante non sane lievi differenze si notano per le rilevazioni di attacco da elateridi. La differenza percentuale tra le rilevazioni avvenute nelle superfici gestite in maniera convenzionale e le superfici gestite a sodo si è attestata a circa lo 0,2% con valori non statisticamente significativi.

Il trend nelle annate 2011 e 2012 è stato al ribasso dal momento che si è passato da una quota di 2,38% a 1,58%, tuttavia, nel 2013 si è avuta una lieve riduzione che però non è risultata essere statisticamente significativa.

La riduzione della percentuale di attacco per il secondo e terzo anno potrebbe essere legata a una migliore espressione della vigoria della pianta viste le buone condizioni di semina dell'annata 2012 mentre per il 2013 la semina ritardata a causa dei frequenti eventi piovosi verificatisi potrebbe aver determinato la maggiore presenza di stadi larvali caratterizzati da non alimentazione e quindi una diminuzione del potenziale di danno.

Per quanto riguarda gli attacchi di nottue, si assiste a una differenza percentuale che, seppur minima, permette di notare una maggior presenza nelle superfici convenzionali rispetto alla gestione sodiva. Infatti, i valori, statisticamente significativi, mostrano per

la semina su sodo una percentuale di piante colpite pari allo 0,01% mentre per il convenzionale si arriva allo 0,09%. Questo potrebbe essere dovuto alla preferenza per *Agrotis* di un terreno lavorato rispetto a uno non lavorato. In un terreno non lavorato, infatti, le differenti condizioni di temperatura e umidità potrebbero influenzare maggiormente sia l'ovideposizione che gli stadi larvali successivi comportando una minore incidenza del danno alle piantine di mais.

Negli anni e per le diverse aziende tuttavia non si notano differenze sostanziali. Si può osservare comunque che negli anni l'andamento di tale avversità è andato diminuendo da 0,08% per il 2011, passando per 0,05% nel 2012 e arrivando 0% nel 2013.

Infine, per quanto riguarda il parametro "crosta superficiale" la gestione sodiva (0,47%) non presenta differenze significative rispetto al convenzionale di confronto (0,62%). Differenze statisticamente significative si sono registrate solamente nell'Azione 2 rispetto al suo convenzionale di confronto ma, il dato che è emerso, con buona probabilità è dovuto non alla lavorazione in quanto tale ma al momento in cui questa viene eseguita. Con l'adozione della Misura 214/i – Azione 2, per garantire una continua copertura del terreno, le tradizionali lavorazioni del terreno vengono eseguite a stretto ridosso delle operazioni di semina portando, molto spesso, a operare con un terreno più umido che può generare, specialmente in terreni tenaci, una difficoltà nella preparazione del letto di semina a causa della zollosità e del possibile compattamento arrecato. Tale problematica, soprattutto nel periodo successivo alla semina, può essere ulteriormente aggravata da una condizione climatica avversa (repentino innalzamento delle temperature con assenza di precipitazioni o intense precipitazioni) che può generare importanti fenomeni di crosta superficiale limitando quindi l'emergenza della coltura ma anche la vigoria vegetativa della stesa.

Tuttavia, analizzando i dati rilevati da un punto di vista temporale, si nota un andamento crescente dall'annata 2011 (0,13%) al 2013 (0,85%). Da quest'osservazione si può desumere quindi che lungo i tre anni di sperimentazione la maggiore incidenza del fenomeno crosta superficiale sia dovuto, con maggiore probabilità, ad un progressivo aumento del compattamento del terreno.

Questi dati ribadiscono quindi la necessità di attuare tutte le possibili soluzioni per prevenire i fenomeni di compattamento e continuare a monitorare la possibile incidenza del periodo transitorio sulle proprietà chimico-fisiche del suolo da una gestione convenzionale.

La valutazione delle fallanze, la cui importanza è già stata ampiamente descritta in precedenza, è stata eseguita in concomitanza della valutazione degli investimenti su mais e ha fatto emergere differenze interessanti che mostrano come la gestione e la componente climatico - ambientale siano in grado di influenzare anche in modo importante la densità reale di campo (Tab. 43).

La quota di fallanze su mais è stata particolarmente importante per le superfici gestite con la Misura 214/i – Azione 1 e 2, infatti, si è arrivati a valori prossimi al 40% per l’Azione 1 e il 30% per l’Azione 2 mentre i convenzionali di confronto non sono andati oltre il 18%.

	Predazione (%)		Semi NG non erosi (%)		Semi NG erosi (%)		Semi non depositi (%)		Plantule in emergenza non erose (%)		Plantule in emergenza erose (%)		Altre cause (%)	
<b>ANNO</b>														
2011	3,97	a	7,63	a	1,13	a	7,96	a	4,60	a	0,04	a	3,73	a
2012	3,39	a	4,91	a	1,13	a	4,00	a	5,75	a	0,38	a	2,26	a
2013	2,61	a	7,74	a	1,10	a	4,82	a	8,21	b	0,17	a	2,23	a
<b>AZIENDA</b>														
DIANA	2,58	a	5,50	a	1,13	a	7,42	a	6,47	ab	0,38	a	1,68	a
SASSE_RAMI	4,47	b	7,28	a	1,93	a	3,75	a	4,82	a	0,00	a	3,21	a
VALLE_VECCHIA	2,92	a	7,50	a	0,30	a	5,60	a	7,27	b	0,21	a	3,33	a
<b>TESI</b>														
Misura 214/i - Azione 1	4,36	a	10,04	a	2,41	a	11,4	a	8,27	a	0,31	a	3,00	a
Misura 214/i - Azione 2	3,15	ab	7,12	ab	2,07	a	5,06	ab	7,59	a	0,34	a	3,70	a
Convenzionale Azione 1	3,21	ab	4,98	b	0,00	a	3,08	b	4,03	b	0,06	a	2,12	a
Convenzionale Azione 2	2,58	b	4,90	b	0,00	a	2,81	b	4,85	b	0,08	a	2,12	a
<b>ANOVA p-values</b>														
ANNO	0,19		0,22		1,00		0,45		< 0,01		0,31		0,12	
AZIENDA	0,04		0,47		0,49		0,53		0,04		0,23		0,09	
TESI	0,22		0,07		0,28		0,12		0,00		0,54		0,26	
ANNO x AZIENDA	0,06		0,06		0,30		0,85		< 0,01		0,05		0,03	
ANNO x TESI	0,86		0,65		0,71		0,51		0,08		0,40		0,73	
AZIENDA x TESI	0,40		0,94		0,94		0,47		< 0,01		0,46		0,74	

Tab. 43 – Tabella riassuntiva relativa alle rilevazioni delle fallanze colturali effettuate nei tre anni di prova e nelle tre aziende sperimentali in merito alla coltura del mais.

Una prima causa di fallanze molto importante è stata la predazione da parte di uccelli o animali selvatici. Dalle rilevazioni effettuate si evince una percentuale del 4,36% per le superfici ad Azione 1 mentre nelle altre tesi sperimentali le percentuali sono di poco superiori al 3,1%, per scendere al 2,58% nel caso del convenzionale di riferimento dell’Azione 2.

Il valore registrato per l’Azione 1 è con buona probabilità legato a una non completa copertura del seme in fase di semina, che lo rende più vulnerabile alla predazione da parte degli uccelli. Da un punto di vista temporale, negli anni si notano solo lievi differenze, con una tendenza alla diminuzione, statisticamente però non significativa. Questa tendenza deriva molto probabilmente da alcune variazioni compiute sulla profondità di semina nel corso (spesso ragionata in base alle condizioni di campo) per garantire un maggior grado di copertura del seme.

La percentuale dei semi non germinati non erosi rappresenta un'altra causa di fallanza molto importante. Nel confronto tra la semina su sodo (Azione 1) e la tecnica convenzionale (Convenzionale azione 1) si riscontrano differenze statisticamente significative e un importante gap tra l’azione 1 e il relativo convenzionale (10% vs 5%). Per quanto riguarda l’azione 2 la differenza, rispetto al convenzionale di riferimento è di circa il 2% (7,1% vs 4,9%).

I valori più alti per le azioni derivano con una certa probabilità da una difficoltà di germinazione rispetto ai convenzionali, dovuto alla temperatura del terreno solitamente più bassa per entrambe le azioni. In particolare per l’Azione 1 la percentuale più alta è dovuta probabilmente anche ad una maggiore difficoltà nelle fasi di germinazione a causa del maggior grado di compattamento che definisce un microambiente non ottimale alla fase germinativa.

La presenza di semi non germinati che presentavano rosure è risulta essere più elevata nelle azioni, rispettivamente 2,5% per l’Azione 1 e il 2% per l’Azione 2, tuttavia, rispetto ai convenzionali che hanno fatto registrare valori sotto lo zero, non vi è una differenza statisticamente significativa.

Per quanto riguarda i semi non depositi, l’analisi dei dati ha messo in evidenza un differenza statisticamente significativa tra l’Azione 1 e il relativo convenzionale di circa l’8% (11% vs 3%). Ben più ridotta è stata la differenza tra l’Azione 2 il suo convenzionale (circa il 2%).

A tal proposito, potrebbe essere attendibile l’ipotesi che i valori emersi dalla tesi Azione 1 possano essere influenzati in modo maggiore dalle condizioni di campo più

eterogenee rispetto alle altre tesi sperimentali. Una maggiore variabilità di campo comporta in fase di semina un possibile aumento di non deposizioni richiamando ancora una volta l'importanza di una corretta prevenzione dei fenomeni di compattamento e di gestione del residuo al fine di abbassare tali valori (nelle altre tesi in superficie non sono presenti residui).

Va inoltre considerato il decorso dei processi di degradazione dei residui poiché, qualora non vi sia una velocità di degradazione ottimale aumenta perciò il rischio di possibili ingolfamenti della macchina incidendo di fatto sulla qualità della semina.

Un'altra importante causa di fallanza è data dalle plantule in emergenza non erose. Tra le tesi, le superfici ad Azione 1 e 2 mostrano rispettivamente un 8,2% e un 7,6%, mentre per i convenzionali si registrano valori del 4% e del 4,8%. I valori, statisticamente significativi delle azioni rispetto ai convenzionali possono essere imputabili a problematiche di crosta che impediscono alle plantule di emergere correttamente, sebbene abbiano superato la fase di germinazione.

Sono da evidenziare inoltre differenze significative negli anni con un trend in crescente aumento, dal 4,6% del 2011 all'8,2% per l'anno 2013.

Tale aumento può esser correlato all'aggravarsi della problematica di crosta superficiale che determina una maggiore difficoltà nell'emergenza e la diversa suscettibilità alla formazione di crosta legato al diverso tipo di terreno per ogni azienda è probabilmente la causa della significatività delle differenze che si registrano anche tra le aziende.

Infine, per quanto riguarda le plantule in emergenza erose le rilevazioni non hanno mai portato a valori superiori allo 0,4%.

Tuttavia, confrontando questa voce con il parametro plantule in emergenza non erose si può evidenziare che negli anni sebbene ci sia stato un ritardo nell'emergenza, l'incidenza di rosure (sia per tesi che per anno) non è aumentata sebbene le plantule impieghino più tempo per lo sviluppo.

Riassumendo graficamente, le varie osservazioni emerge che per quanto riguarda l'applicazione della Misura 214/i – Azione 1, rispetto alla superficie convenzionale di confronto le cause di fallanza più incidenti sono state: semi non deposti, semi non germinati non erosi, plantule in emergenza non erose e infine predazione da parte di uccelli o animali selvatici (Fig.59).

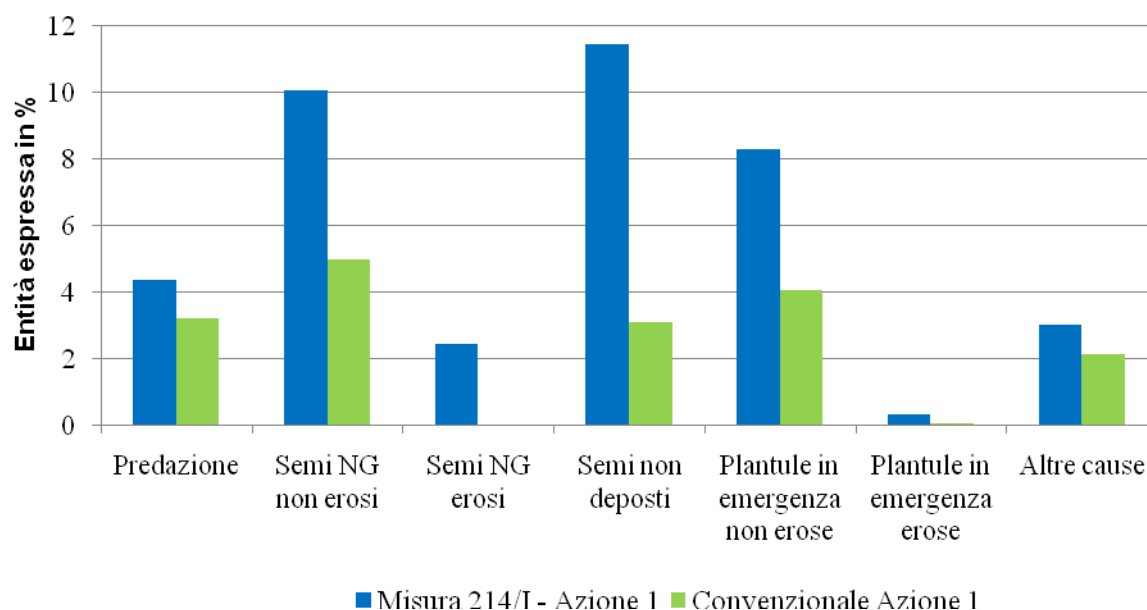


Fig. 59 – Cause di fallanze rilevate su mais relative alle superfici destinate ad Azione 1 e il relativo convenzionale a confronto

Per quanto riguarda le osservazioni condotte sulle superfici gestite ad Azione 2 e i relativi convenzionali di riferimento, l'entità delle varie cause di fallanze risulta essere inferiore a quanto registrato sulle superfici gestite ad Azione 1 e le cause predominanti sono state: plantule in emergenza non erose, semi non germinati non erosi e non deposizioni (Fig. 60).

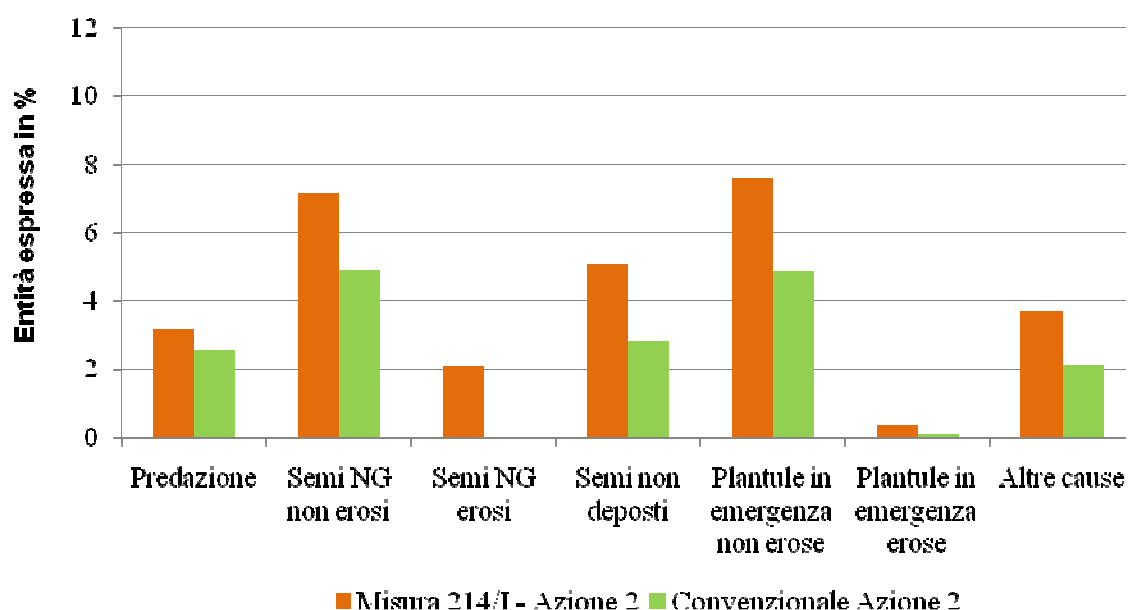


Fig. 60 – Cause di fallanze rilevate su mais relative alle superfici destinate ad Azione 2 e il relativo convenzionale a confronto

### *Investimenti colturali e analisi delle fallanze per la coltura della soia*

Dalla valutazione degli investimenti colturali per la coltura della soia (Tab. 44), emergono importanti differenze tra i parametri monitorati relativi alla misura 214/azione 1 (semina su sodo), azione 2 (colture di copertura) e i relativi convenzionali.

A riguardo della densità reale di campo i dati mostrano una differenza statisticamente significativa per le superfici ad Azione 1 e Azione 2 rispetto ai due convenzionali di confronto. Entrambi i convenzionali mostrano infatti valori superiori all'67% della densità teorica mentre le due azioni presentano il 47% e il 60% circa rispettivamente per l'azione 1 e l'azione 2.

Le differenze, statisticamente significative, sono state evidenziate anche da un punto di vista temporale. Nell'annata 2011 si è registrata una densità reale media del 56%, percentuale che è aumentata al 70% nel 2012, probabilmente a causa delle condizioni più siccitose perdurate dall'inverno precedente a cui si associano temperature più miti alla semina. Il 2013 si è invece caratterizzato da una primavera con precipitazioni frequenti e talora abbondanti, con temperature sensibilmente inferiori alla media storica, soprattutto nel mese di maggio, che con buona probabilità hanno inciso sulla riduzione della densità reale al 45% (percentuale più bassa nel triennio).

Le differenze registrate per la densità reale sono confrontabili con quanto rilevato per le piante sane. I valori rilevati per tesi, anno e aziende mostrano un andamento molto simile alla densità reale di campo, con variazioni imputabili per lo più alla quota di fallanze piuttosto che una deviazione dallo stato sanitario normale della coltura (Fig 61). Per quanto riguarda le piante non sane, si osserva un trend in aumento negli anni, con valori delle medie annue statisticamente significativi, specialmente negli ultimi due anni, dove le piante non sane mostrano una percentuale prima dello 0,3% (annata 2012) fino allo 0,5% nell'ultimo anno (annata 2013)

La percentuale delle piante non sane presenta differenze statisticamente significative solamente per l'Azione 1 (0,44%) e il rispettivo Convenzionale 1 (0,29%). La maggiore incidenza nella non-lavorazione potrebbe essere dovuta ad una maggiore vulnerabilità della plantula al possibile aumento delle temperature (considerata la semina più tardiva). Le piante morte, presentano anch'esse, una percentuale statisticamente significativa nel confronto tra le tesi. Si sono registrate differenze statisticamente significative anche nel corso degli anni, con un trend in aumento, passando dallo 0,03% per il 2011 fino a raggiungere lo 0,10% nel 2013.



	Densità reale (%)		Piante sane (%)		Piante non sane (%)								
					Totale piante non sane (%)		Morte (%)		Sofferenti (%)		Limacce (%)		
<b>ANNO</b>													
2011	62,28	a	62,19	a	0,09	a	0,03	a	0,06	a	0,00	a	
2012	72,48	b	72,17	b	0,31	b	0,07	b	0,24	b	0,00	a	
2013	46,86	c	46,32	c	0,54	c	0,10	c	0,41	c	0,02	b	
<b>AZIENDA</b>													
DIANA	60,76	a	60,50	a	0,26	a	0,05	a	0,21	a	0,00	a	
SASSE_RAMI	70,07	b	69,73	b	0,34	b	0,09	b	0,23	ab	0,02	b	
VALLE_VECCHIA	50,79	c	50,45	c	0,34	b	0,07	ab	0,27	b	0,00	a	
<b>TESI</b>													
Misura 214/i - Azione 1	47,22	a	46,78	a	0,44	a	0,11	c	0,32	a	0,02	a	
Misura 214/i - Azione 2	60,01	b	59,76	b	0,25	b	0,04	a	0,19	b	0,02	a	
Convenzionale Azione 1	67,26	c	66,96	c	0,29	b	0,07	b	0,22	b	0,00	b	
Convenzionale Azione 2	67,68	c	67,40	c	0,28	b	0,06	ab	0,22	b	0,00	b	
<b>ANOVA p-values</b>													
ANNO	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		
AZIENDA	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,02		< 0,01		
TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		
ANNO x AZIENDA	< 0,01		< 0,01		0,14		0,13		0,12		< 0,01		
ANNO x TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,24		< 0,01		< 0,01		
AZIENDA x TESI	< 0,01		< 0,01		0,51		0,07		0,23		< 0,01		
ANNO x AZIENDA x TESI	< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,79		0,01		< 0,01		

Tab. 44 – Tabella riassuntiva relativa alle rilevazioni colturali effettuate nei tre anni di prova e nelle tre aziende sperimentali in merito alla coltura della soia.

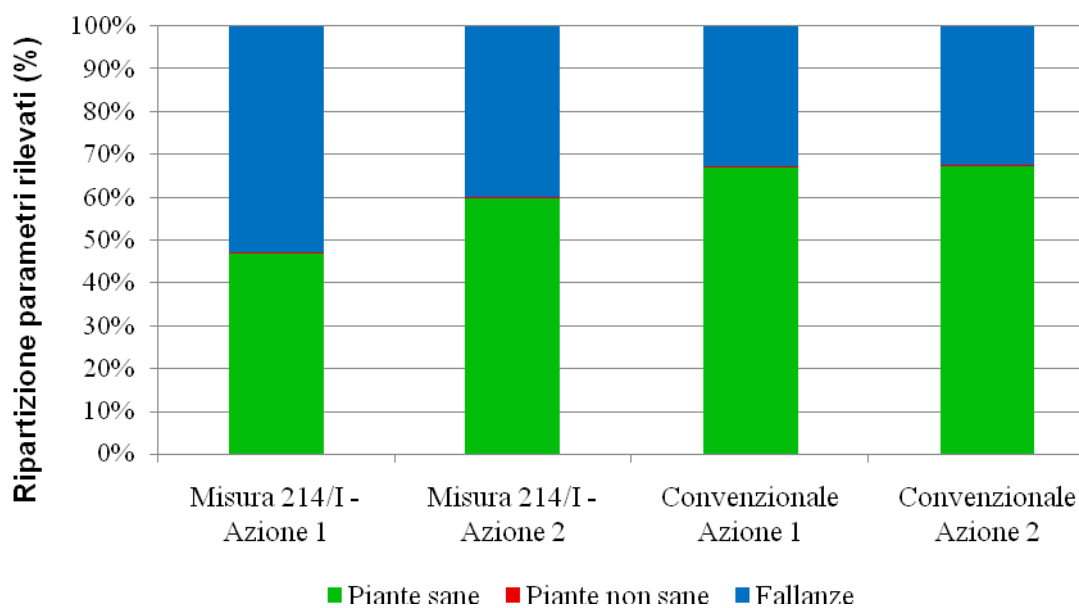


Fig. 61 – Incidenza della quota di piante sane, non sane e fallanze rilevate su soia.

Simili considerazioni si possono fare per le piante sofferenti dove si notano differenze statisticamente significative tra le due tesi (Azione 1 e convenzionale azione 1) ma anche le medie annue nei diversi anni di sperimentazione.

Probabilmente questo trend in aumento sia per le piante morte che per le sofferenti è dovuto ad una maggiore vulnerabilità all'attacco di patogeni in corrispondenza degli stadi vegetativi iniziali. Altra causa che può essere correlata all'aumento delle piante morte/sofferenti può riguardare il ritardo delle operazioni di semina su sodo con circa 20 giorni di più rispetto all'epoca considerata ottimale. Questo si traduce in un contenimento del volume occupato dall'apparato radicale nelle prime fasi, determinando una maggiore sofferenza della coltura che si trova ad dover fronteggiare temperature più elevate in stadi colturali precoci e particolarmente vulnerabili.

Infine, per quanto riguarda le rilevazioni di attacco da limacce si assiste a una lieve differenza tra le due tesi ma non in modo statisticamente significativo. La loro presenza quindi potrebbe essere legata alla minor intensità della lavorazione (azione 1) e all'ambiente più umido dato dalla minore evaporazione di umidità dal suolo (azione 1 e 2). Da un punto di vista temporale, le precipitazioni frequenti e intense soprattutto nel periodo primaverile, possono essere state con buona probabilità la causa della significatività del dato per l'anno 2013. Da questi dati emerge quindi che la presenza di limacce è sembra essere correlata con l'andamento pluviometrico soprattutto in vicinanza al periodo di semina.

In merito alle cause di fallanze accertate su soia, esaminando i dati riportati in tabella 45, si notano nel complesso valori statisticamente non significativi per i diversi parametri tranne che per alcune cause.

Per quanto riguarda la predazione da parte di uccelli o animali selvatici non si notano differenze significative tra le varie tesi sperimentali e l'entità di questa causa di fallanza non va oltre il 5%.

Per la causa "semi non germinati non erosi" l'entità e le differenze tra le azioni e i convenzionali risultano essere sensibilmente più marcate, arrivando a percentuali prossime all'11% e al 9% rispettivamente per l'Azione 1 e Azione 2 mentre per i convenzionali si sono registrati valori più bassi pari a circa 8% e 5%.

La maggiore entità dei valori può derivare probabilmente dalla presenza di fenomeni di compattamento che determinano condizioni limitanti per l'evoluzione dei processi germinativi.

Le differenze registrate negli anni possono essere legate alla variazione dell'andamento pluviometrico, infatti, le precipitazioni abbondanti della primavera 2013 con buona probabilità hanno determinato l'aumento registrato (13%) poiché alto è stato il rischio di compattamento.

Per quanto riguarda i semi non germinati erosi non sono emerse differenze statisticamente significative sia nel confronto tra le diverse tesi che in termini temporali. Anche per i semi non deposti non sono emerse differenze statisticamente significative, tuttavia, si sono rilevate percentuali di semi non deposti che superano il 14% nella gestione sodiva mentre nella gestione convenzionale questi risultano essere meno del 6%. Da tali valori emerge quindi come la gestione complessiva del compattamento e del residuo siano decisivi per una buona efficienza di semina.

Infine, le fallanze dovute a plantule in emergenza non erose mostrano percentuali non significativamente differenti tra le diverse tesi. Negli anni si rileva un trend molto simile a quello che si verifica per il parametro semi non germinati non erosi. L'andamento termo pluviometrico sembra anche in questo caso influenzare i valori registrati.

Riassumendo graficamente, le varie osservazioni emerge che per quanto riguarda l'applicazione della Misura 214/i – Azione 1, rispetto alla superficie convenzionale di confronto le cause di fallanza più incidenti sono state: plantule in emergenza non erose, semi non deposti e semi non germinati non erosi, e infine predazione da parte di uccelli o animali selvatici (Fig.62).

Per quanto riguarda le osservazioni condotte sulle superfici gestite ad Azione 2 e i relativi convenzionali di riferimento, l'entità delle varie cause di fallanze risulta essere inferiore a quanto registrato sulle superfici gestite ad Azione1 e le cause predominanti sono state: plantule in emergenza non erose, semi non germinati non erosi e non deposizioni (Fig. 63) .

		Predazione (%)		Semi NG non erosi (%)		Semi NG erosi (%)		Semi non depositi (%)		Plantule in emergenza non erose (%)		Altre cause (%)	
<b>ANNO</b>													
	2011	3,33	a	7,57	a	0,00	a	10,02	a	13,34	a	3,88	a
	2012	5,04	a	4,76	a	0,25	a	4,78	a	10,45	a	2,22	a
	2013	5,03	a	13,07	b	1,84	a	9,07	a	20,09	b	4,05	a
<b>AZIENDA</b>													
	DIANA	5,01	a	7,82	ab	0,00	a	11,24	a	12,26	a	2,91	a
	SASSE_RAMI	3,07	a	6,28	a	0,25	a	4,55	a	12,92	ab	2,85	a
	VALLE_VECCHIA	5,31	a	11,30	b	1,84	a	8,09	a	18,70	b	4,39	a
<b>TESI</b>													
	Misura 214/i - Azione 1	4,38	a	11,54	a	0,00	a	14,54	a	18,50	a	3,82	a
	Misura 214/i - Azione 2	5,03	a	9,53	ab	0,34	a	6,12	a	15,75	a	3,79	a
	Convenzionale Azione 1	4,30	a	7,91	ab	0,00	a	5,72	a	12,09	a	2,72	a
	Convenzionale Azione 2	4,14	a	4,89	b	2,45	a	5,47	a	12,17	a	3,20	a
<b>ANOVA p-values</b>													
	ANNO	0,26		< 0,01		0,44		0,59		0,02		0,15	
	AZIENDA	0,14		0,06		0,44		0,47		0,08		0,23	
	TESI	0,91		0,06		0,46		0,41		0,21		0,72	
	ANNO x AZIENDA	0,01		0,08		0,40		0,81		0,01		0,09	
	ANNO x TESI	0,25		0,34		0,43		0,59		0,87		0,52	
	AZIENDA x TESI	0,76		0,86		0,43		0,52		0,22		0,38	

Tab. 45 – Tabella riassuntiva relativa alle rilevazioni delle fallanze colturali effettuate nei tre anni di prova e nelle tre aziende sperimentali in merito alla coltura della soia.

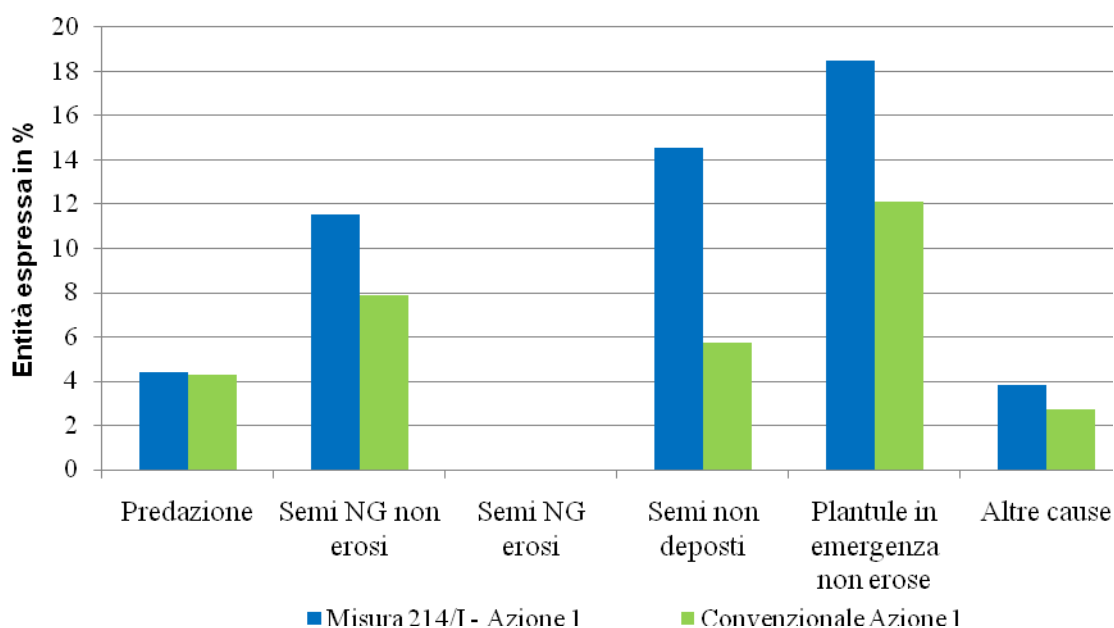


Fig. 62 – Cause di fallanze rilevate su soia relative alle superfici destinate ad Azione 1 e il relativo convenzionale a confronto.

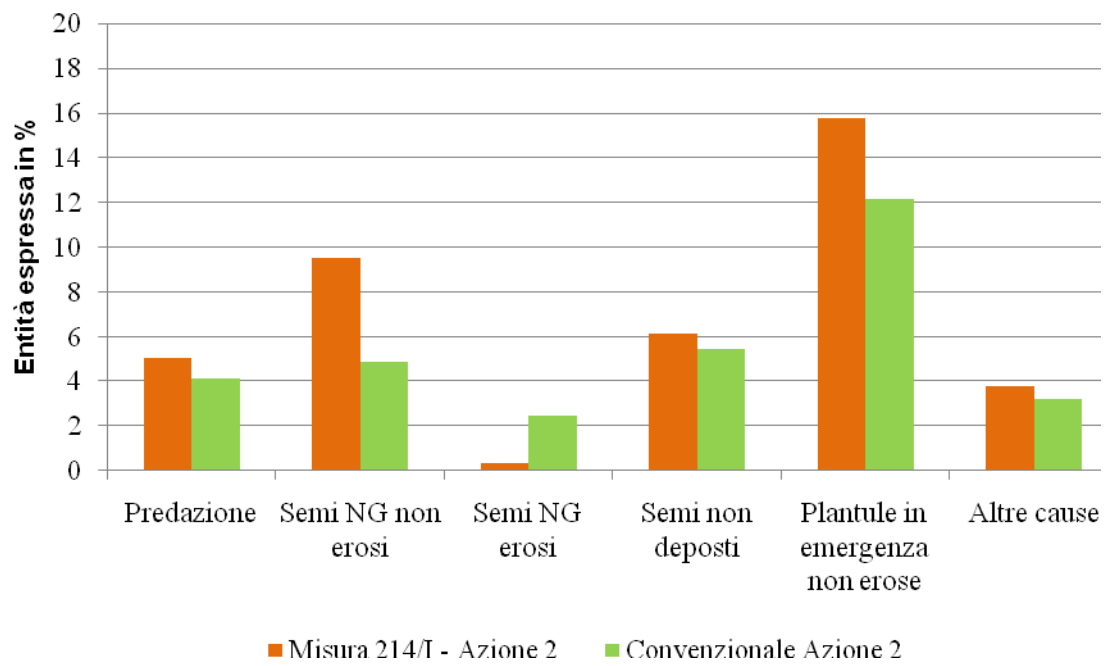


Fig. 63 – Cause di fallanze rilevate su soia relative alle superfici destinate ad Azione 2 e il relativo convenzionale a confronto.

## **8.2 Bilancio energetico ed emissioni di CO<sub>2</sub> nelle aziende agricole aderenti alla Misura 214/i – azione 1**

### **8.2.1 Valutazioni energetiche**

#### *Determinazione degli aspetti produttivi*

I dati raccolti nel corso del monitoraggio aziendale non si sono limitati all'importante osservazione della variazione dei consumi legati alla meccanizzazione, ma si è provveduto a quantificare dettagliatamente tutti gli input energetici immessi nel ciclo produttivo in modo tale da poterli raffrontare con i valori energetici degli output, ottenendo così il contenuto energetico netto del prodotto ottenuto.

La parte attiva del bilancio (output) è costituita dal contenuto energetico del solo prodotto utile, ovvero della produzione di granella raccolta, espressa in peso secco commerciale e trasformata in valore energetico impiegando specifici coefficienti energetici per ogni coltura. Allo scopo quindi di poter condurre i due scenari operativi di medio-lungo termine previsti (2010-2015; 2010-2025), per le 8 aziende agricole campionate, si è impiegato il modello SALUS per simulare le differenze produttive tra le due strategie gestionali (Misura 214/i – Az.1 e Convenzionale).

Riguardo ai livelli produttivi tra le due strategie gestionali (Tab. 46), per la coltura del mais, soprattutto per il periodo 2010-2015, si registra una maggiore differenza produttiva tra le due gestioni. Tuttavia, i valori più bassi, potenzialmente riscontrabili con l'applicazione della semina su sodo (Misura 214/i – Az.1) superano le 10 t/ha di resa garantendo quindi un livello minimo di produttività aziendale in linea con le valutazioni tecnico-economiche previste dalla Misura 214/i – Az.1 (Fig. 64).

Per le restanti colture (frumento, soia e colza) le differenze produttive ottenute dalla simulazione risultano essere non rilevanti tra le due gestioni.

Anche nella simulazione produttiva di lungo periodo (2010-2025) permane una certa differenza in termini di resa per la coltura del mais, tuttavia, si assiste a un "potenziale" incremento della produttività (11,7 t/ha) dovuto al possibile superamento della fase transitoria. Per le restanti colture, le differenze produttive sono non rilevanti (Fig. 65) .

Coltura	Gestione	Periodo 2010-2015		Periodo 2010-2025	
		Resa (t/ha)	Errore standard	Resa (t/ha)	Errore standard
Frumento	CT	5,11	0,52	4,91	0,33
	NT	4,96	0,49	5,09	0,30
Soia	CT	2,86	0,74	2,58	0,36
	NT	2,68	0,74	2,51	0,36
Mais	CT	12,65	0,63	13,18	0,35
	NT	10,48	0,70	11,71	0,39
Colza	CT	2,85	0,94	2,94	0,49
	NT	2,65	0,94	2,80	0,49
Media	CT	5,87	0,71	5,90	0,38
	NT	5,19	0,72	5,53	0,38

Tab. 46 – Produzioni medie ottenute dalla simulazione con modello SALUS.

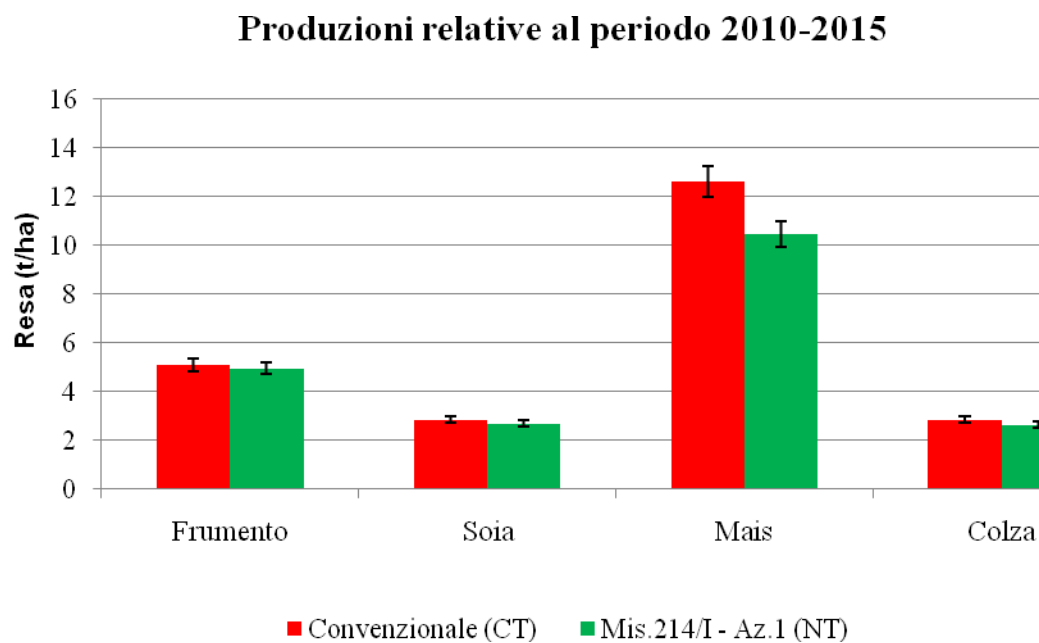


Fig. 64 – Produzioni relative al periodo 2010-2015 simulate con il modello SALUS.

## Produzioni relative al periodo 2010-2025

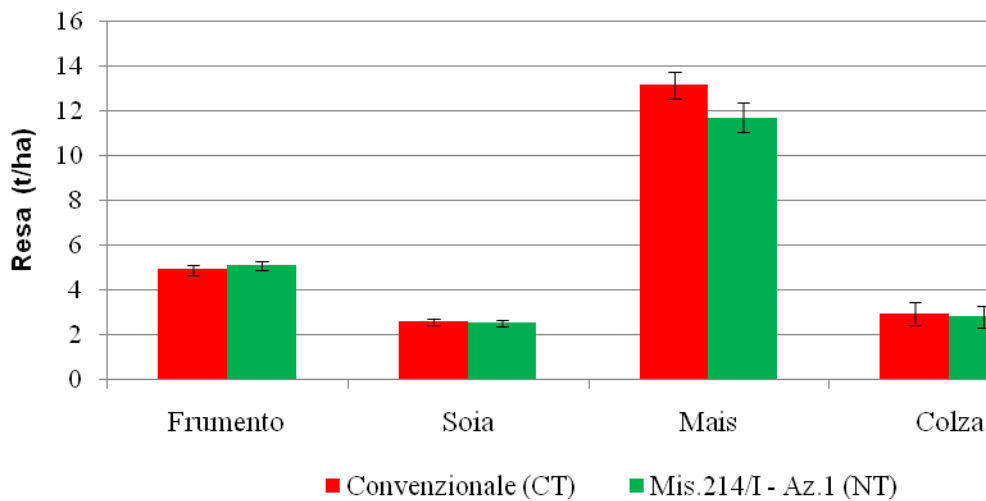


Fig. 65 – Produzioni relative al periodo 2010-2025 simulate con il modello SALUS.

### *Determinazione dell'output energetico*

Grazie alla determinazione della componente produttiva è stato possibile quantificare una prima voce di bilancio energetico: gli output energetici (Tab. 47). Essi rappresentano la parte attiva del bilancio e sono costituiti dal contenuto energetico della produzione di granella trasformata in valore energetico mediante l'impiego di coefficienti per ogni coltura. I valori di output relativi al periodo 2010-2015 (Fig. 66) e 2010-2025 (Fig. 67) derivano quindi dalla simulazione condotta con il modello SALUS.

Coltura	Gestione	Periodo 2010-2015		Periodo 2010-2025	
		Output (GJ/ha)	Errore standard	Output (GJ/ha)	Errore standard
Frumento	CT	69,56	8,45	66,89	5,23
	NT	67,45	7,97	69,29	4,80
Soia	CT	48,15	11,95	43,45	5,79
	NT	45,15	11,95	42,27	5,79
Mais	CT	189,05	10,19	196,98	5,53
	NT	156,62	11,27	175,04	6,20
Colza	CT	111,15	15,12	114,78	7,82
	NT	103,19	15,12	109,39	7,82
Media	CT	104,47	11,43	105,52	6,09
	NT	93,10	11,58	99,00	6,15

Tab. 47 – Output colturali derivanti dalla simulazione della componente produttiva.



### Output energetico relativo al periodo 2010-2015

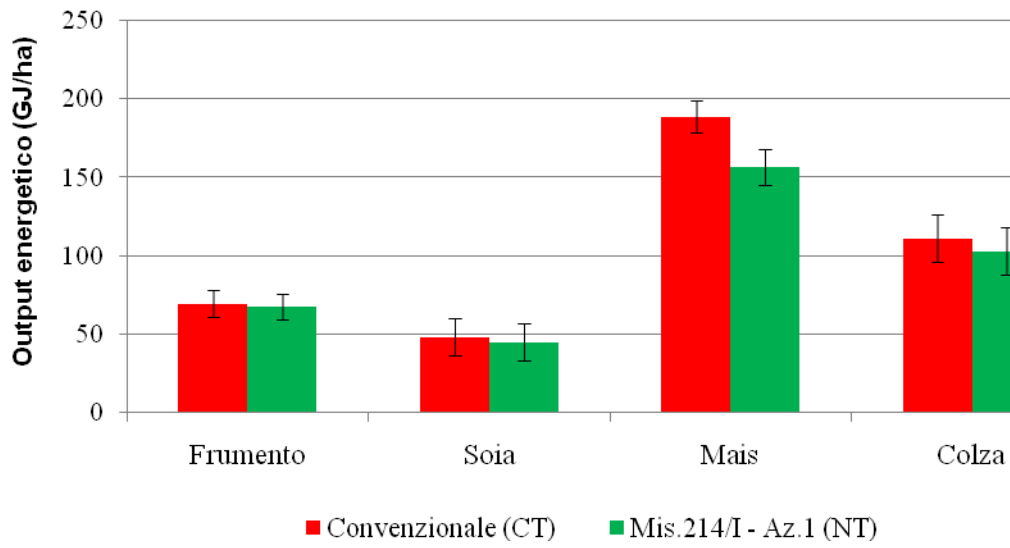


Fig. 66 – Output energetici relativi al periodo 2010-2015.

### Output energetico relativo al periodo 2010-2025

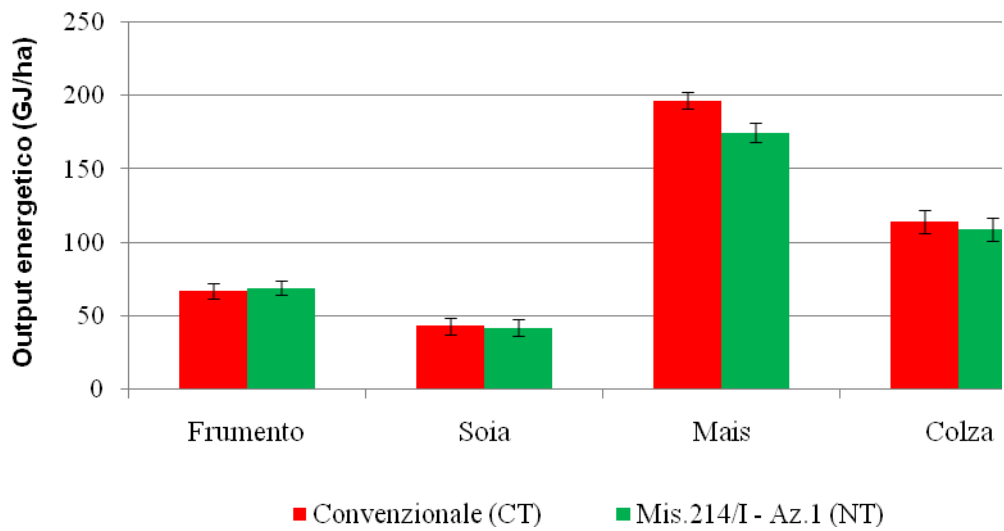


Fig. 67 – Output energetici relativi al periodo 2010-2025.

Essendo correlato alle rese colturali, l'output energetico risulta essere inferiore nella gestione sodiva (Misura 214/i – Az.1) a causa della contrazione produttiva rilevata, in particolar modo, per la coltura del mais.

Le differenze, in termini di output energetico (esprese in GJ/ha), risultano essere più marcate quindi nello scenario operativo di medio termine (2010-2015) in quanto la fase transitoria da una gestione convenzionale può non essere ancora completamente superata e pertanto le condizioni agronomiche e pedologiche possono non aver ancora raggiunto un nuovo equilibrio (Fig. 68).

Tuttavia, rispetto al primo periodo quinquennale (2010-2015) dove la differenza media in termini di output tra le due gestioni era di circa 11 GJ/ha, nel lungo periodo (2010-2025) tale valore si riduce a circa 7 GJ/ha evidenziando quindi una possibile ripresa della produttività come riportato a livello bibliografico da importanti ricerche in merito all'applicazione delle tecniche conservative (FAO, 2004; Kassam 2012; Al-Kaisi and Yin 2004; Soane et. al 2012).

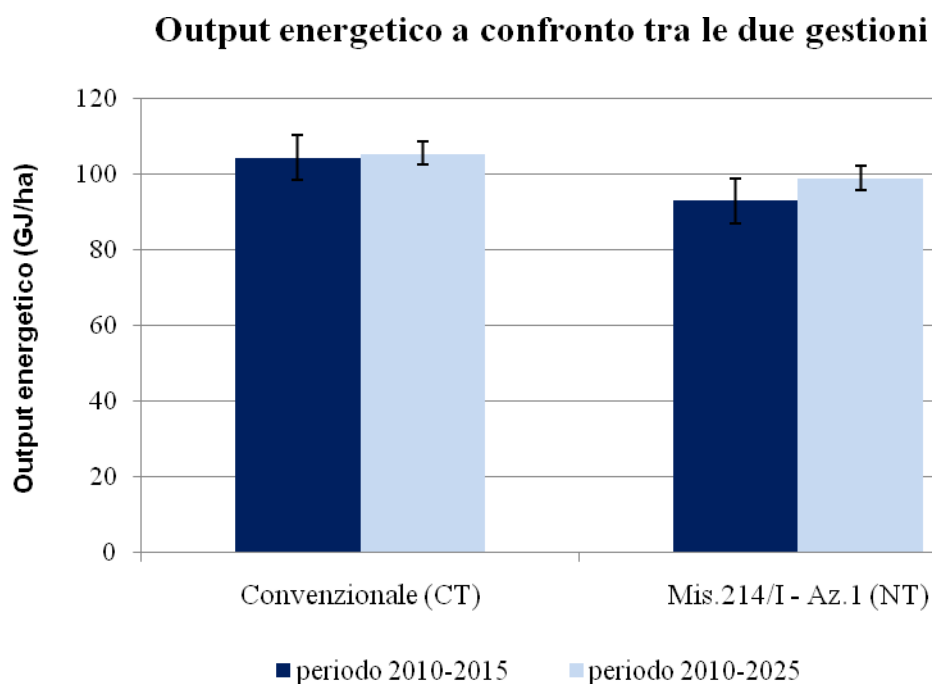


Fig. 68 – Output energetici medi relativi al periodo 2010-2015 e 2010-2025 per gestione colturale.

### *Determinazione dell'input energetico*

La parte passiva del bilancio energetico (input) comprende invece tutta l'energia apportata in varie forme alla coltivazione e rilevata per classi di fattore produttivo. Per ognuno, infatti, sono state rilevate le quantità applicate e convertite in valore energetico mediante l'impiego di coefficienti raccolti in letteratura.

Dall'analisi delle diverse classi di fattori produttivi (Tab. 48) è emerso in maniera predominante il peso energetico della meccanizzazione. Infatti, come atteso, il costo energetico diminuisce notevolmente con la riduzione del numero e dell'intensità delle lavorazioni.

Il risparmio energetico che si è venuto a creare è attribuibile quindi al minor consumo di energia diretta, quale conseguenza del minore numero di interventi e della maggiore capacità di lavoro delle macchine utilizzate nella gestione conservativa.

Mediamente, infatti, il costo energetico relativo agli interventi meccanici è risultato essere del 73% superiore con una gestione convenzionale (CT) rispetto ad una gestione sodiva (NT) con punte anche del 92% e del 100% rispettivamente per la coltivazione della mais e della soia.

Valori più contenuti sono stati registrati per la coltura del frumento (38%), dovuti per lo più a un'apprezzabile riduzione dell'intensità delle tradizionali lavorazioni del terreno e alla presenza, nella semina su sodo, di più interventi relativi alla gestione delle colture di copertura (semina e devitalizzazione chimica) per adempiere al protocollo operativo della Misura 214/i – Az. 1.

Per quanto riguarda le sementi, il costo energetico di tale fattore produttivo è risultato essere maggiore nella gestione conservativa (Misura 214/i – Az. 1) mediamente del 40% rispetto alla gestione convenzionale. Tale andamento, deriva dalla concomitanza di più aspetti tecnico-operativi quali il frequente aumento della densità di semina teorica al fine di raggiungere un investimento reale di campo paragonabile ad una gestione convenzionale e la necessità di impianto di una o più colture di copertura a seguito della coltura principale per il costante mantenimento della copertura del terreno.

Tuttavia, l'incidenza della voce energetica relativa alle sementi varia in modo rilevante tra le colture oggetto di studio. In particolare, per il frumento e la soia, l'aumento registrato è stato rispettivamente del 24% e del 34% mentre ben più elevato è stato su colture notoriamente più sensibili alla riduzione delle lavorazioni quali il mais (59%) e il colza (90%).

In merito ai fertilizzanti, invece, l'incidenza energetica è risulta essere maggiore del 15% adottando una gestione agronomica convenzionale (CT) rispetto alla gestione sodiva (NT).

Tale aumento, particolarmente evidente per la coltura del mais (40%) è in larga parte attribuibile alla mancanza di concimazioni azotate in copertura nella semina su sodo (es. sarchiatura) rispetto alla lavorazione convenzionale che invece prevede uno o più apporti. Per le altre colture la variazione di valori tra le due gestioni è trascurabile.

Ben più elevato è stato l'aumento dei costi energetici relativo ai prodotti fitosanitari nella semina su sodo. Mediamente, la maggiore richiesta è risulta essere del 67% imputabile per lo più alla maggiore necessità di controllo della flora infestante e alla necessaria devitalizzazione delle colture di copertura. A livello colturale, l'aumento è risultato essere maggiore per colture a ciclo primaverile – estivo dove si è raggiunto il 71% e il 68% rispettivamente per la soia e il mais.

Relativamente alle spese energetiche di essiccazione, l'incidenza dei valori ricavati è risultata essere fortemente legata a due aspetti operativi molto importanti: l'umidità del prodotto alla raccolta ma anche il livello di produttività.

Per la coltura del mais, la gestione convenzionale ha fatto registrare un aumento di circa il 50% delle spese energetiche di essiccazione rispetto alla gestione sodiva. Considerate quindi le riduzioni di produzioni derivanti dall'introduzione di tecniche conservative quali la semina su sodo, la componente produttiva può in questo caso rivestire un aspetto fondamentale anche su tale voce.

Infine, per quanto riguarda la manodopera, l'incidenza di tale voce da un punto di vista energetico non risulta essere di rilievo se paragonata ad altre voci di bilancio, tuttavia, i dati emersi aprono a possibili paragoni economici. Energicamente parlando, infatti, con una gestione sodiva l'energia derivante dalla manodopera si è ridotta mediamente dell'80% con punte del 106% come nel caso della coltivazione della soia.

Complessivamente quindi, per la coltura del mais, il risparmio energetico conseguibile con l'adozione alla Misura 214/i – Azione 1 è risultato essere di circa 10 GJ/ha rispetto alla tecnica convenzionale basata sull'aratura (Fig. 69).

Per le altre colture la differenza è più contenuta, per il colza il risparmio energetico medio si aggira sui 2 GJ/ha, per la soia circa 1,5 GJ/ha mentre il frumento non vi è un risparmio ma un aumento di spesa energetica di circa 2 GJ/ha.

Input energetici colturali per classe di fattore produttivo (GJ/ha)										
	Frumento		Soia		Mais		Colza		Media	
	CT	NT	CT	NT	CT	NT	CT	NT	CT	NT
<b>Meccanizzazione</b>	5,68	4,10	5,78	2,87	6,61	3,44	6,65	3,84	6,18	3,56
<b>Sementi</b>	5,60	7,46	2,25	3,45	1,91	4,70	0,20	2,05	2,49	4,42
<b>Fertilizzanti</b>	13,74	14,23	0,47	0,50	19,54	14,00	11,31	10,30	11,26	9,76
<b>Fitosanitari</b>	0,13	0,37	0,23	0,79	0,22	0,72	0,07	0,14	0,16	0,51
<b>Essiccazione</b>	4,74	4,37	2,86	2,59	15,15	10,19	3,45	2,78	6,55	4,98
<b>Manodopera</b>	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
<b>TOTALE</b>	29,90	30,54	11,59	10,21	43,44	33,04	21,68	19,12	26,65	23,23

Tab. 48 – Input energetici espressi in GJ/ha al variare delle colture selezionate e della gestione tecnico-culturale.

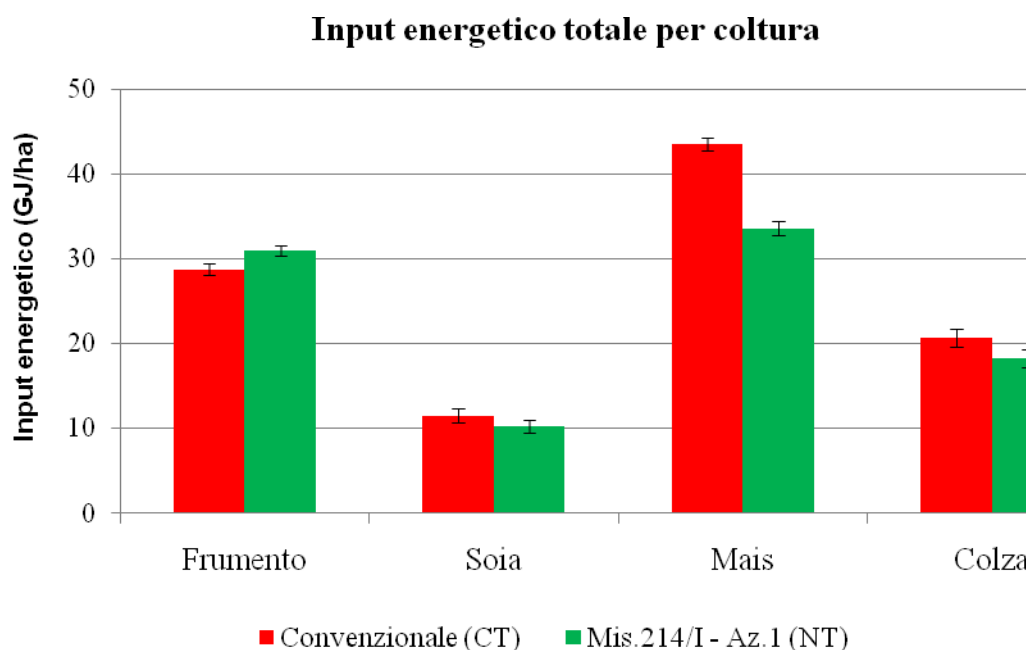


Fig. 69 – Input energetici medi relativi alle colture considerate per tecnica colturale.

Considerando quindi la presenza di *surplus* energetici relativi alla messa a coltura e alla successiva devitalizzazione di colture di copertura, i cui benefici risultano essere virtuosi nel contesto agronomico, il risparmio medio, in termini energetici, relativi all'applicazione della Misura 214/i – Az. 1 (semina su sodo) è risultato essere di circa 3 GJ/ha (Fig. 70).

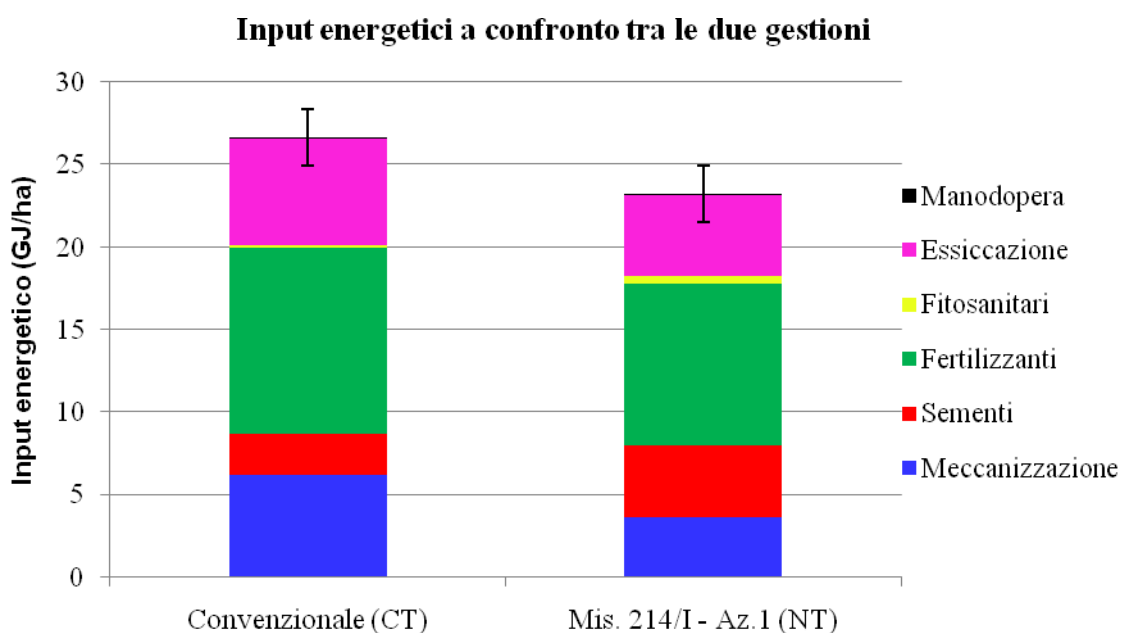


Fig. 70 – Input energetico medio per tecnica colturale.

#### *Determinazione dell'energia netta*

La determinazione delle due principali voci del bilancio energetico ha permesso di avviare una serie di valutazioni per quantificare la razionalità delle due diverse gestioni colturali applicate sia nel medio (2010-2015) che nel lungo periodo (2010-2025). L'energia netta rappresenta quindi un primo parametro oggetto di studio, derivante dalla differenza tra la componente positiva (output) e negativa (input) del bilancio (Tab. 49).

Coltura	Gestione	Energia Netta (GJ/ha)		
		Periodo 2010-2015	Periodo 2010-2025	Delta (2025-2015)
Frumento	CT	39,66	36,99	-2,67
	NT	36,91	38,75	1,84
Soia	CT	36,56	31,86	-4,70
	NT	34,94	32,06	-2,88
Mais	CT	145,61	153,54	7,93
	NT	123,58	142	18,42
Colza	CT	89,47	93,1	3,63
	NT	84,07	90,27	6,20
Media	CT	77,82	78,87	1,05
	NT	69,87	75,77	5,90

Tab. 49 – Energia netta al variare delle colture e della gestione tecnico-colturale.

Dall'osservazione dei risultati ottenuti è possibile notare come la componente produttiva (output) incida in modo determinante sui valori di energia netta. La maggiore produttività e il conseguente maggiore output energetico fatto registrare dalla gestione convenzionale, determina, in particolare nel periodo 2010-2015 (Fig. 71) un maggior valore di energia netta rispetto alla non lavorazione. Nel lungo periodo, complice anche il possibile superamento della fase transitoria inizia un riassetto tra le tesi (Fig.72)

### Energia netta relativa al periodo 2010-2015

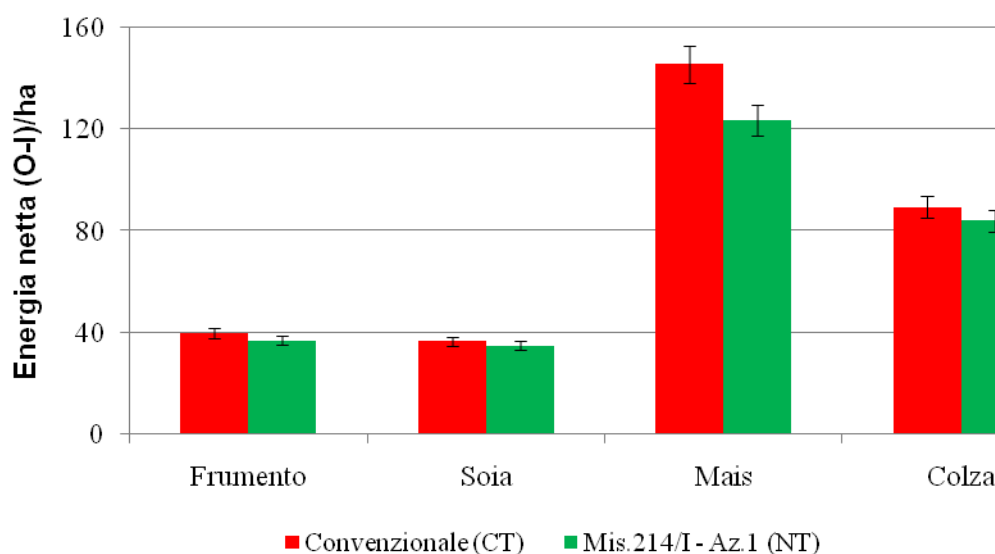


Fig. 71 – Energia netta media relativa alle colture considerate per tecnica colturale per il periodo 2010-2015

### Energia netta relativa al periodo 2010-2025

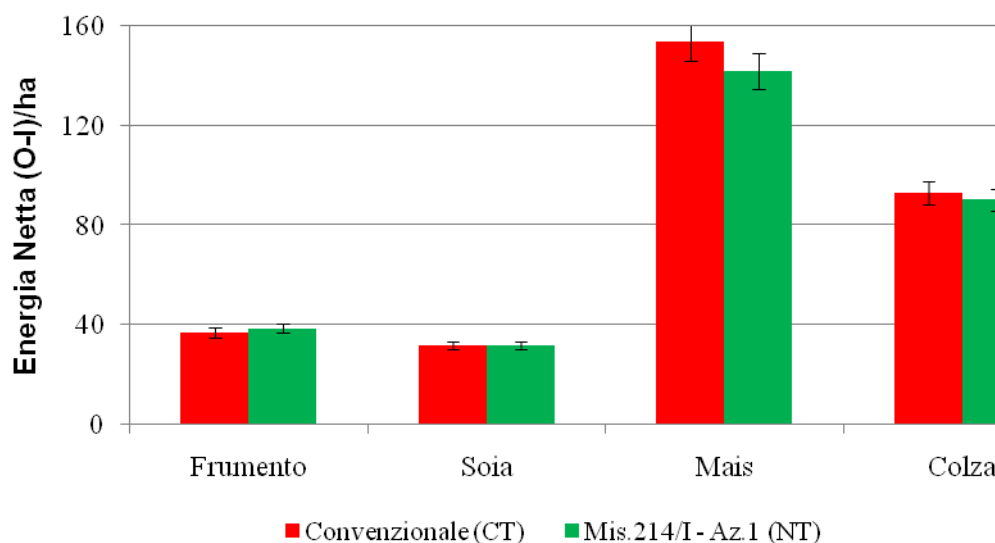


Fig. 72 – Energia netta media relativa alle colture considerate per tecnica colturale per il periodo 2010-2025.

Tuttavia, soffermandosi sui dati medi rilevati, la differenza riscontrata tra le due gestioni nel medio periodo (2010-2015) in termini di energia netta, ovvero circa 8 GJ/ha si riduce nel lungo periodo (2010-2025) a circa 3 GJ/ha.

Come per la produttività anche per la produzione di energia netta si assiste ad un maggiore incremento nella gestione sodiva passando dal medio al lungo periodo (+ 5,09 GJ/ha) rispetto alla lavorazione convenzionale (+ 1,05 GJ/ha) (Fig. 73).

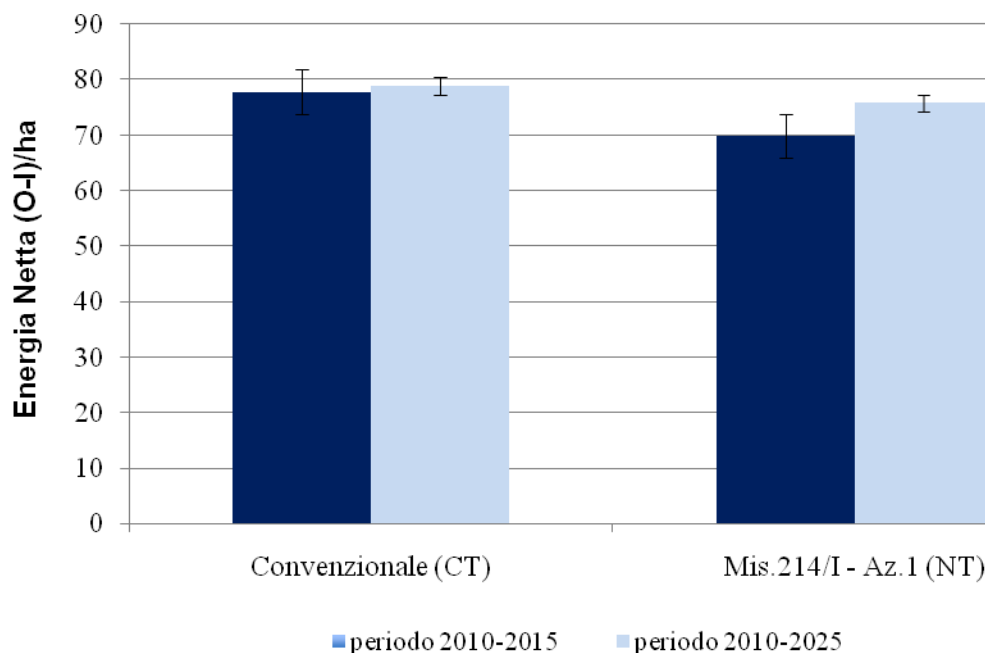


Fig. 73 – Energia netta media relativa al periodo 2010-2015 e 2010-2025 per gestione colturale.

#### *Determinazione dell'efficienza energetica*

Oltre alla determinazione dell'energia netta, al fine di valutare e quantificare la razionalità delle due tecniche di gestione agronomiche si è provveduto a determinare l'efficienza energetica per le quattro colture selezionate e i due scenari operativi definiti (2010-2015; 2010-2025) (Tab. 50).

Per entrambi gli scenari temporali, l'impiego della semina su sodo ha permesso di raggiungere un livello di efficienza energetica sensibilmente maggiore rispetto alla gestione convenzionale ad eccezione della coltura del frumento (Fig. 74; Fig. 75).



Coltura	Gestione	Periodo 2010-2015		Periodo 2010-2025	
		Efficienza energetica	Errore standard	Efficienza energetica	Errore standard
Frumento	CT	2,43	0,35	2,37	0,23
	NT	2,19	0,33	2,24	0,21
Soia	CT	4,22	0,49	3,82	0,25
	NT	4,44	0,49	4,10	0,25
Mais	CT	4,48	0,42	4,65	0,24
	NT	4,70	0,46	5,49	0,27
Colza	CT	5,79	0,62	5,71	0,34
	NT	6,33	0,62	6,27	0,34
Media	CT	4,23	0,47	4,14	0,26
	NT	4,41	0,47	4,53	0,27

Tab. 50 – Output colturali derivanti dalla simulazione della componente produttiva.

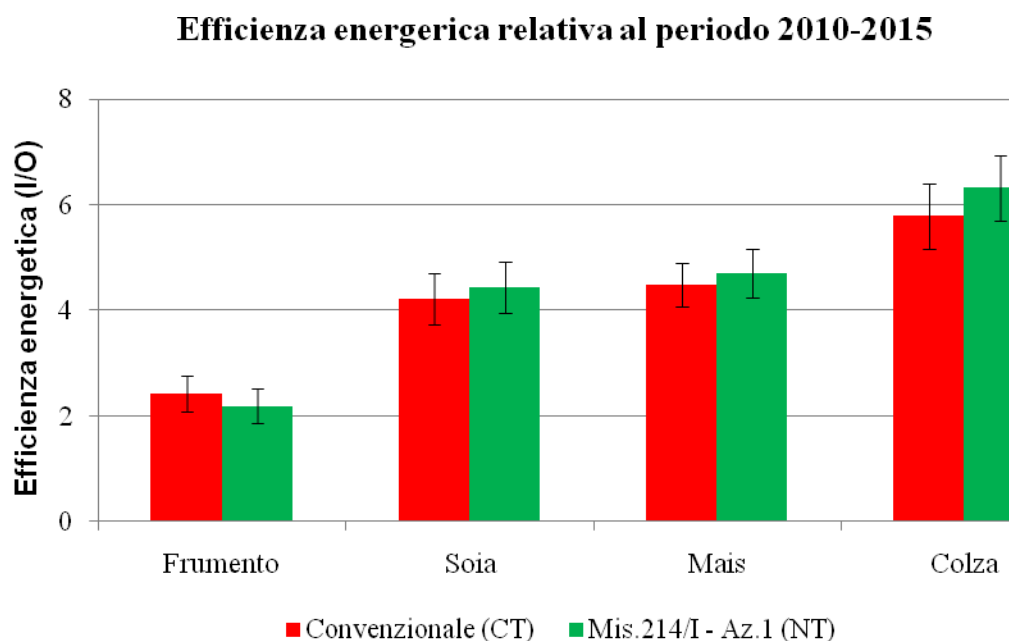


Fig. 74 – Efficienza energetica colturale relativa al periodo 2010-2015.

## Efficienza energetica relativa al periodo 2010-2025

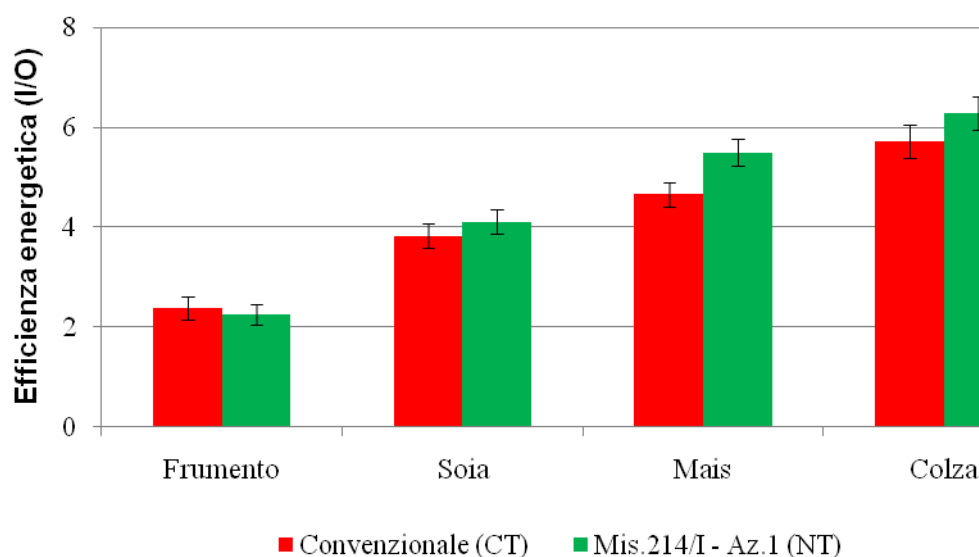


Fig. 75 – Efficienza energetica culturale relativa al periodo 2010-2025.

I maggiori livelli di efficienza energetica dell'applicazione della tecnica della semina su sodo, nel primo quinquennio (2010-2015) sono conseguibili con colture quali il colza (6,3), mais (4,7) e soia (4,4). Il potenziale range di incremento, rispetto alla gestione convenzionale risulta essere compreso tra i 0,2 e i 0,5 punti.

Solo per la coltura del frumento, si registra un livello di efficienza energetica inferiore alla gestione convenzionale molto probabilmente a causa della “virtuosa onerosità” richiesta dalle colture di copertura.

Tuttavia, questo gap nel passaggio da uno scenario di medio termine (2010-2015) a uno di lungo termine (2010-2025) si riduce in modo consistente passando da 0,24 a 0,12 punti. Nel lungo periodo quindi, complice il possibile superamento della fase transitoria, l'efficienza energetica della semina su sodo tende ad aumentare mentre l'efficienza della gestione convenzionale si riduce (Fig. 76) anche di 0,4 punti come emerso per la coltura della soia.

Dall'interpretazione delle performance energetiche relative alle due diverse gestioni colturali in termini di efficienza nell'utilizzo dell'energia, emerge come la gestione sodiva applicabile con l'adozione della Misura 214/i – Az.1 è risultata essere la soluzione in grado di garantire una maggiore efficienza nel convertire l'energia investita

nel corso del ciclo colturale rispetto a quanto registrato per la tecnica convenzionale sia nel medio periodo 2010-2015 (+ 0,18 punti) che soprattutto nel lungo periodo 2010-2025 (+ 0,4 punti).

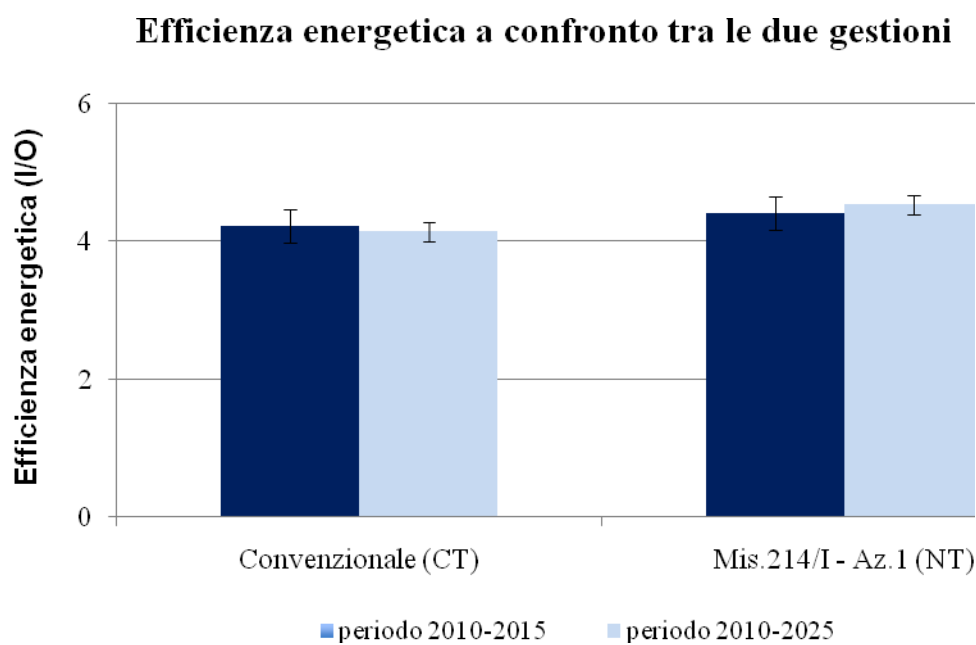


Fig. 76 – Efficienza energetica media relativa alle due gestioni oggetto di studio.

## 8.2.2 Valutazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>

### *Determinazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> colturali*

La suddivisione del bilancio energetico per classi di fattori produttivi utilizzata per determinare il costo energetico colturale è stata mantenuta anche per la consecutiva valutazione delle emissioni mediante bilancio della CO<sub>2</sub> (Tab. 51) dal momento che tali emissioni sono strettamente correlate al costo energetico delle varie voci in bilancio.

A differenza di altre tipologie di bilancio della CO<sub>2</sub>, si provveduto ad escludere dall'analisi le emissioni derivanti dalla commercializzazione e distribuzione dei prodotti e quelle connesse ai centri aziendali. In pratica si è adottata una sorta di analisi LCA (*Life-Cycle-Assessment*) interrompendo l'indagine nel punto in cui il processo produttivo giunge a fornire un prodotto agricolo commercializzabile.

	Frumento		Soia		Mais		Colza		MEDIA	
	CT	NT	CT	NT	CT	NT	CT	NT	CT	NT
<b>Meccanizzazione</b>	318	220	323	155	369	187	373	208	346	192
<b>Sementi</b>	405	538	160	247	137	339	14	147	179	318
<b>Fertilizzanti</b>	786	812	37	37	1037	818	625	563	621	557
<b>Fitosanitari</b>	9	24	15	51	14	46	4	9	11	33
<b>Essiccazione</b>	284	270	240	223	937	630	213	172	418	324
<b>TOTALE</b>	1.801	1.864	774	713	2.494	2.020	1.229	1.099	1.575	1.424

Tab. 51 – Emissioni di CO<sub>2</sub> espresse in kg/ha al variare delle colture selezionate e della gestione tecnico-colturale.

Dall'analisi delle diverse classi di fattori produttivi è emerso un trend che ricalca fedelmente l'andamento visto precedentemente in termini energetici. Per la coltura del mais, la riduzione delle emissioni colturali di CO<sub>2</sub> conseguibile con l'adozione alla Misura 214/i – Azione 1 è risultata essere di circa 0,5 t/ha rispetto alla tecnica convenzionale basata sull'aratura (Fig. 77).

Per le altre colture la differenza è stata più contenuta, per il colza il risparmio medio si è aggirato sui 0,13 t/ha, per la soia circa 0,051 t/ha mentre il frumento non vi è un risparmio ma un aumento delle emissioni di circa 0,11 t/ha di CO<sub>2</sub>.

Nel complesso quindi, una gestione conservativa intesa come l'applicazione della semina su sodo e l'utilizzo di colture di copertura (cover-crops) rispetto ad una gestione convenzionale ha portato ad una riduzione di circa 0,14 t/ha di CO<sub>2</sub> (Fig. 78).

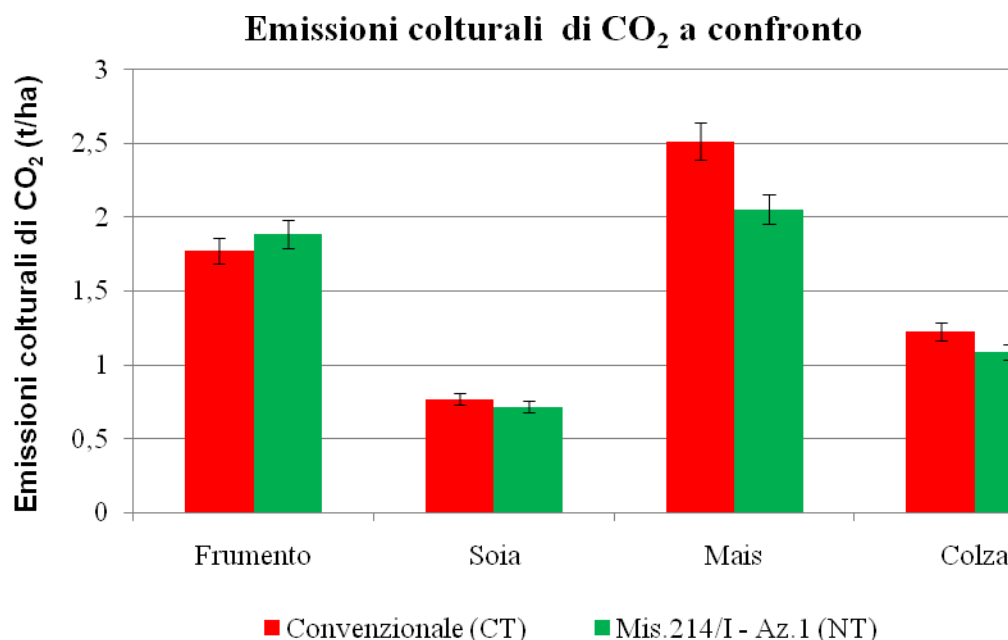


Fig. 77 – Input energetici medi relativi alle colture considerate per tecnica colturale.

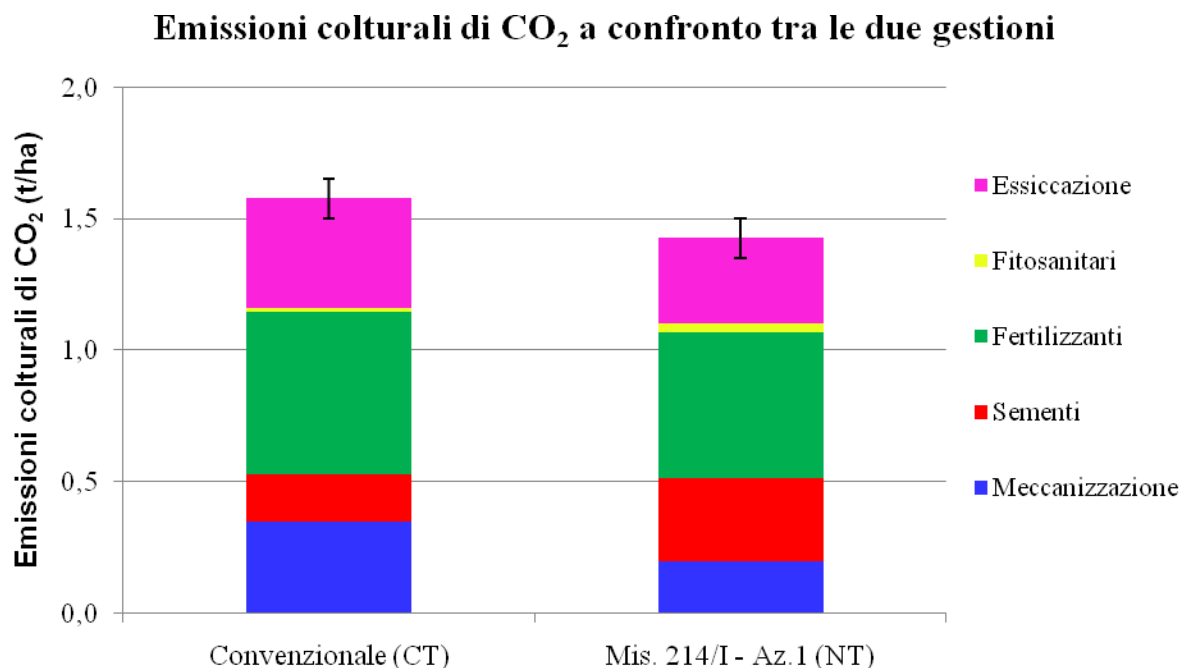


Fig. 78 – Emissioni medie di CO<sub>2</sub> a confronto tra le due gestioni colturali.

Dal punto di vista temporale (Fig. 79), nel primo quinquennio (2010-2015), riconducibile all'adozione aziendale della Misura 214/i, mediamente, la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è risulta essere pari a 0,12 t/ha ma, in un possibile scenario applicativo di lungo periodo (2010-2025), potenzialmente espresso dalla riproposizione di tale misura anche nelle future programmazioni di sviluppo rurale, la riduzione raggiunge le 0,14 t/ha

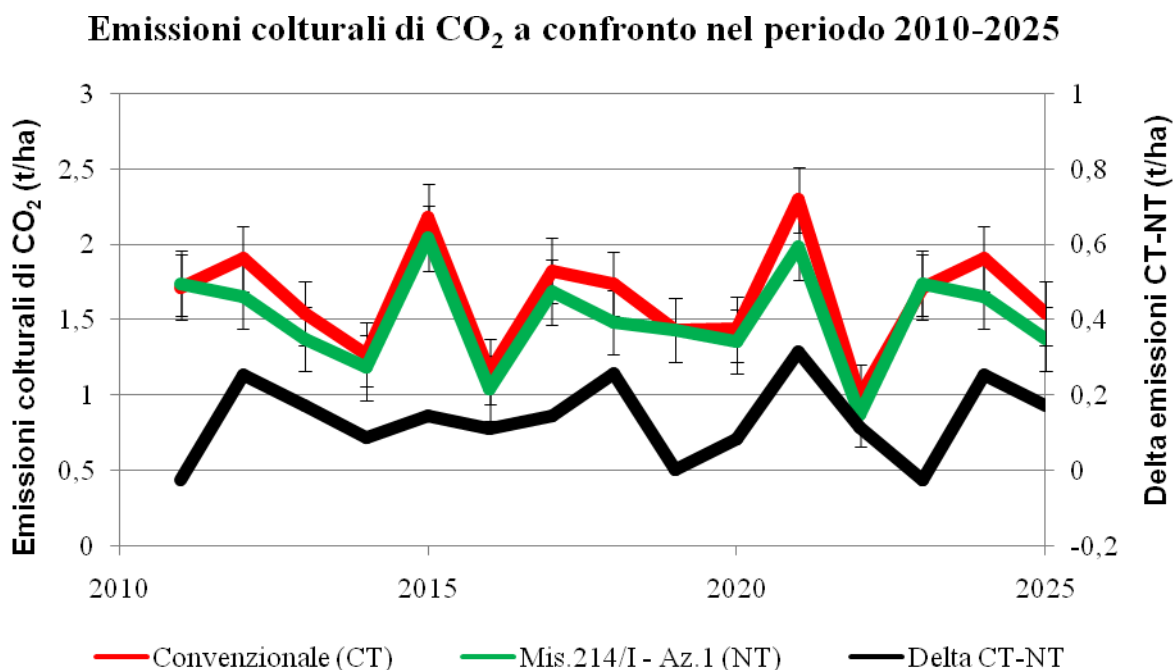


Fig. 79 – Andamento delle emissioni colturali di CO<sub>2</sub> a confronto tra le due gestioni in uno scenario di lungo periodo.

#### *Determinazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dal terreno*

Oltre alle emissioni di CO<sub>2</sub> riconducibili al ciclo colturale delle colture selezionate, grazie all'utilizzo del modello previsionale SALUS è stato possibile rilevare la variazione del tenore di carbonio organico al variare della strategia gestionale (Misura 214/i – Azione 1 e tecnica convenzionale).

I risultati della simulazione condotta evidenziano una sensibile differenza tra le due gestioni tecnico-colturali (Fig. 80).

**Variazione del contenuto di carbonio organico nel periodo 2010-2025**

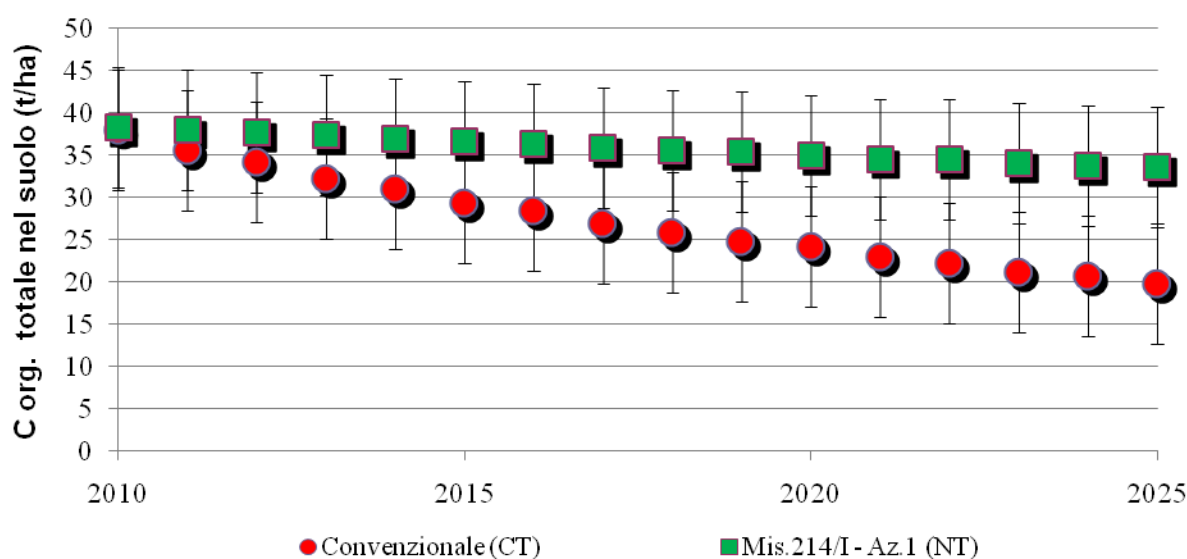


Fig. 80 – Andamento del carbonio organico totale in funzione della gestione colturale.

Infatti, nello scenario operativo 2010-2025 si evidenzia una perdita in entrambe le tesi di 6,6 t/ha e 2,9 t/ha rispettivamente nella gestione convenzionale e sodiva. Tale aspetto, conferma quanto rilevato da una parte della bibliografia in altre esperienze similari (Senthilkumar et al. 2009) e per approfondire il trend emerso si è provveduto ad analizzare e quantificate anche le perdite annue di carbonio (t/ha/anno) (Tab. 52).

Anno	Carbonio organico totale (t/ha)		Perdita annua di carbonio organico totale (t/ha/anno)		
	CT	NT	CT	NT	Delta
2011	35,50	38,00	-	-	-
2012	34,11	37,65	1,38	0,35	1,03
2013	32,16	37,28	1,95	0,37	1,58
2014	30,94	36,91	1,23	0,37	0,86
2015	29,25	36,54	1,68	0,37	1,31
2016	28,38	36,30	0,87	0,24	0,63
2017	26,88	35,81	1,51	0,49	1,02
2018	25,79	35,54	1,08	0,27	0,81
2019	24,77	35,32	1,02	0,22	0,80
2020	24,10	34,88	0,67	0,44	0,23
2021	22,88	34,50	1,22	0,37	0,85
2022	22,13	34,44	0,75	0,06	0,69
2023	21,16	34,02	0,97	0,42	0,55
2024	20,61	33,73	0,55	0,29	0,26
2025	19,75	33,48	0,86	0,24	0,62

Tab. 52 – Evoluzione del contenuto e delle perdite di carbonio organico al variare delle due gestioni agronomiche nel periodo 2010-2025.

Dalla figura 81 si evince una sensibile riduzione, seppur in misura nettamente minore rispetto al convenzionale, del contenuto di carbonio organico anche su superfici gestite in modo conservativo. La differenza del 127% tra le due gestioni mostra anche in questo scenario che i maggiori aggravii in termini di fertilità del terreno sono conseguenti ad una gestione convenzionale.

Tuttavia, questo possibile decremento risultato dalla simulazione SALUS potrebbe essere determinato principalmente dalla maggiore dinamicità e variabilità del contenuto di carbonio organico riscontrabile nello strato considerato nella simulazione, ovvero lo strato 0-15 cm. La maggiore variabilità di questo profilo può essere attribuita, anche in modo considerevole, al maggiore sforzo energetico necessario per la degradazione di quantitativi di residui colturali notevolmente più elevati rispetto ad una gestione convenzionale e localizzati in superficie e nei primissimi centimetri di terreno.

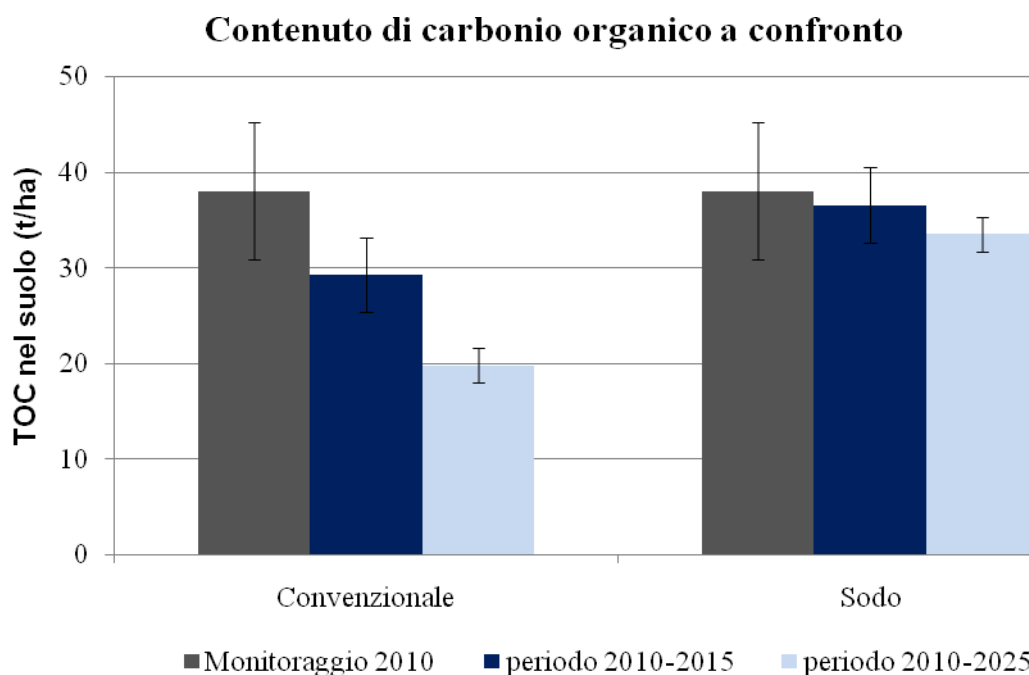


Fig. 81 – Andamento del carbonio totale nel periodo 2010-2015 e 2010-2025 in funzione della gestione colturale

Nel periodo 2010-2025 le singole perdite annuali di carbonio organico totale fatte registrare dalle superfici gestite mediante tecniche di lavorazione convenzionali sono risultate essere sempre maggiori rispetto alle perdite derivanti dalla gestione conservativa (Misura 214/i – Az.1) (Fig. 82).



In particolare, nel primo quinquennio (2010-2015) l'entità delle perdite annuali di carbonio rilevate nella gestione sodiva sono pari a circa 0,3 t/ha/anno mentre nella gestione convenzionale si arriva a riscontrare perdite annue anche di 1,95 t/ha/anno.

Nel lungo periodo (2010-2025), l'entità delle perdite nella superfici oggetto di non lavorazione diviene più altalenante, in funzione di della rotazione colturale e dell'andamento climatico simulato dal modello previsionale SALUS ma arrivando a valori massimi annui inferiori a 0,5 t/ha/anno.

Anche nella gestione convenzionale le perdite divengono più altalenanti ma l'entità annua di tale fenomeno non risulta essere mai inferiore a 0,5 t/ha/anno.

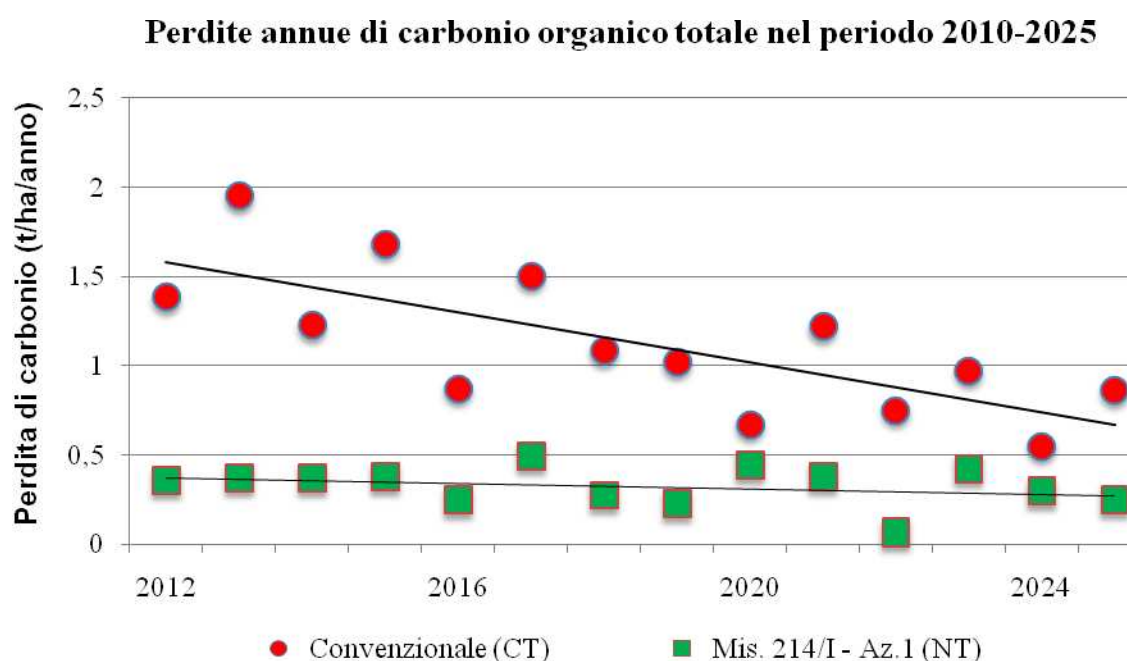


Fig. 82 – Perdita annua di carbonio organico totale al variare della gestione agronomica.

Definita la differenza tra le due gestioni colturali in termini di perdite di carbonio organico della componente suolo, allo scopo di stabilire complessivamente l'entità delle emissioni "risparmiabili" con l'utilizzo della Misura 214/i – Az.1 derivanti dalla coltura e dal terreno si è provveduto a convertire le emissioni in CO<sub>2</sub> (Fig. 83) allo scopo di poter arrivare ad effettuare una sommatoria cumulata tra le due voci di emissione.

### Risparmio di CO<sub>2</sub> del terreno nel periodo 2010-2025

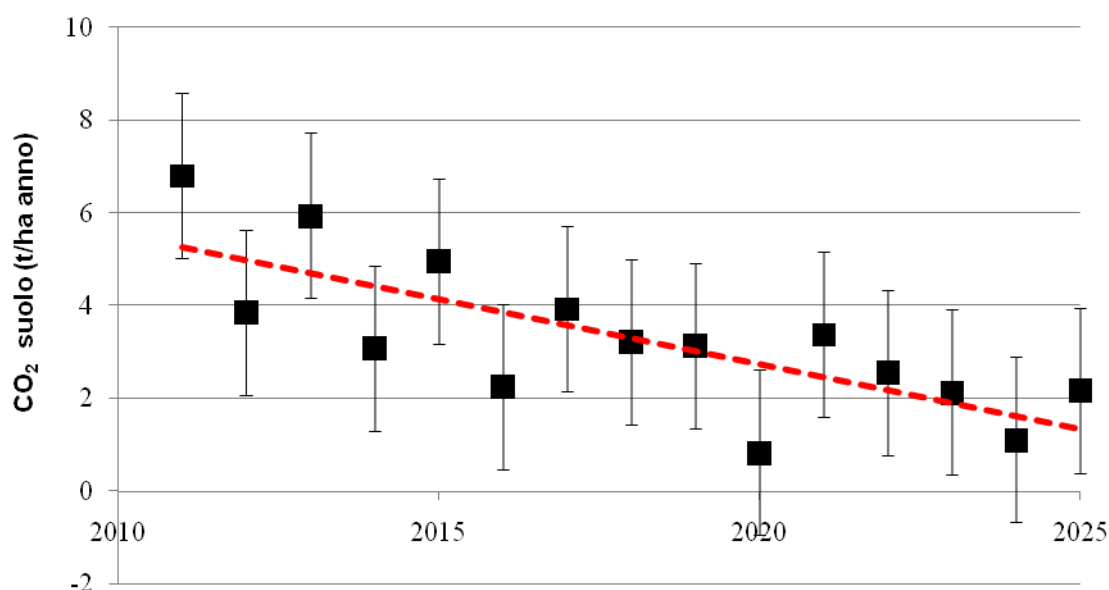


Fig. 83 – Risparmio di emissioni di CO<sub>2</sub> del terreno nel periodo 2010-2025

La sommatoria cumulata delle due voci di emissioni (coltura + suolo) (Tab. 53) ha permesso di identificare l'andamento complessivo nel lungo periodo osservando le potenzialità di riduzione con applicazione dell'AC (Fig. 84).

Anno	Emissioni di CO <sub>2</sub> suolo (t/ha/anno)	Emissioni di CO <sub>2</sub> colturali (t/ha/anno)	Sommatoria totale (t/ha/anno)	Sommatoria cumulata (t/ha)
2011	6,81	-0,03	6,78	6,78
2012	3,86	0,25	4,11	10,89
2013	5,94	0,17	6,11	17,00
2014	3,08	0,09	3,17	20,17
2015	4,96	0,14	5,10	25,28
2016	2,25	0,11	2,36	27,64
2017	3,93	0,14	4,08	31,72
2018	3,22	0,26	3,48	35,19
2019	3,14	0,00	3,15	38,34
2020	0,84	0,08	0,92	39,26
2021	3,38	0,31	3,70	42,95
2022	2,57	0,12	2,68	45,64
2023	2,13	-0,03	2,11	47,74
2024	1,11	0,25	1,36	49,11
2025	2,17	0,17	2,34	51,45

Tab. 53 – Riassunto delle emissioni totali annue risparmiate in uno scenario 2010-2025.

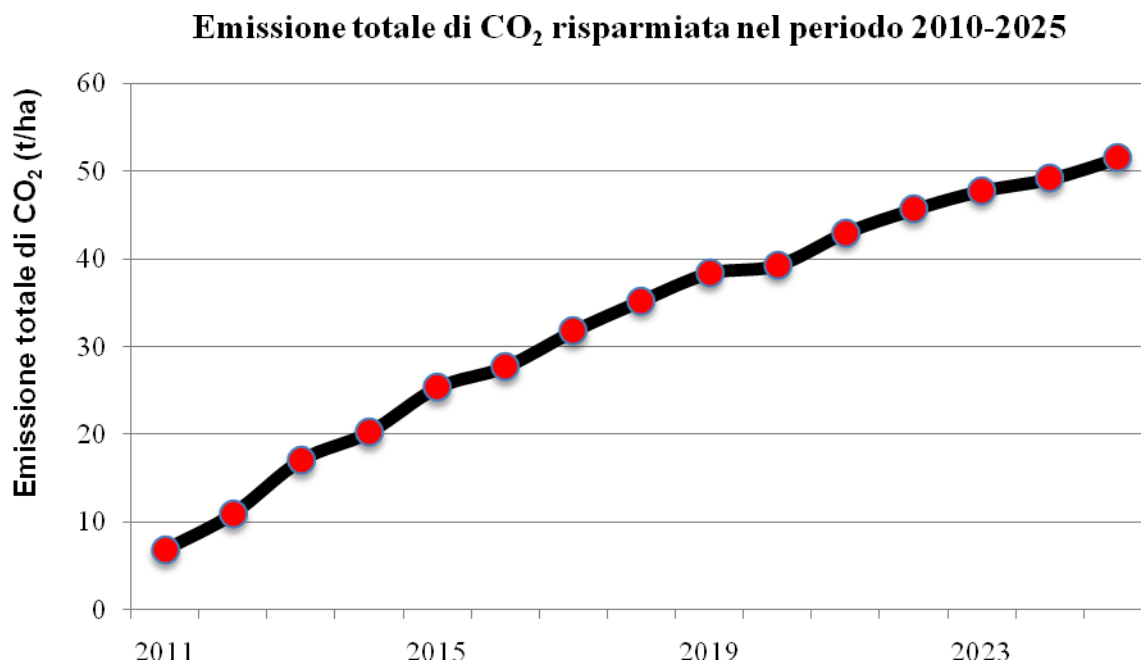


Fig. 84 – Emissioni totali di CO<sub>2</sub> risparmiate nel periodo 2010-2025



## **CAPITOLO IX – CONCLUSIONI**

### **9.1 Valutazione delle principali cause incidenti sull'investimento colturale nell'ambito della semina su sodo**

#### **9.1.1 Analisi penetrometrica**

L'attività sperimentale condotta presso le tre aziende pilota-dimostrative di Veneto Agricoltura ha confermato l'importanza del compattamento del terreno i cui effetti, in molti casi, possono arrivare a compromettere in modo irreversibile i vantaggi derivanti da una gestione conservativa..

La diretta conseguenza della riduzione della macroporosità è molto spesso rappresentata da un rilevante cambiamento delle proprietà chimico-fisiche e biologiche che definiscono la fertilità del terreno stesso. A tal proposito, oltre all'aspetto produttivo finale (spesso erroneamente attribuito ad altri fattori negativi) le attività di campo hanno permesso di confermare come la presenza di zone compattate vada ad incidere negativamente sia sulla qualità e uniformità di semina che sulle successive fasi di germinazione/emergenza della coltura.

In linea con quanto segnalato da Tebrugge (Tebrugge, 1999) e Jin et.al (Jin et.al, 2007) si è constatato che i più elevati valori di densità apparente derivano dagli strati superficiali (0-40 cm) delle superfici gestite con tecniche di lavorazione conservative. Nello specifico, la gestione sodiva applicata dalle aziende con l'adozione alla Misura 214/i – Az.1, dall'anno 2010, ha evidenziato una maggiore indice di cono a livello superficiale ma negli strati sub-superficiali si è osservata però una riduzione che dimostra come tali tecniche, siano in grado di evitare maggiormente il compattamento del terreno. Le tecniche convenzionali, invece, permettono di ottenere valori molto bassi in superficie, ma, a causa dell'aratura la condizioni diviene più gravosa a profondità di 25-35 cm.

In considerazione di questa problematica, è evidente quindi come la forte suscettibilità da parte di superfici gestite in assenza di lavorazioni (semina su sodo) derivi in buona parte anche da una naturale evoluzione intrinseca che il terreno attua nella fase transitoria da una gestione convenzionale a una gestione conservativa.

Si è potuto costatare inoltre, non solo a livello bibliografico, come la presenza di terreni con livelli di fertilità medio - bassa richieda un periodo transitorio più prolungato rispetto a terreni con importanti quantitativi di sostanza organica in quanto necessitano di un preliminare riequilibrio fisico e biologico più duraturo.

Oltre alla fertilità, permane comunque l'esigenza di operare una transizione da una gestione convenzionale a una gestione sodiva in terreni dotati di una buona struttura e con una condizione di porosità non alterata da preliminari compattamenti (es. presenza di suole di lavorazione o compattamenti sottosuperficiali).

Questa maggiore sensibilità alla comparsa di fenomeni di compattamento deve inevitabilmente portare a una maggiore attenzione alle possibili azioni "indotte" da parte dell'agricoltore in particolar modo qualora si operi in condizioni di terreno non in tempera. Considerando che la maggiore intensità di traffico all'interno dell'appezzamento si verifica durante le lavorazioni del terreno, l'adozione di tecniche conservative può certamente aiutare a ridurre il numero di interventi in campo e quindi il grado di compattamento.

In un singolo ciclo di coltivazione, si è visto infatti che circa il 100% della superficie adibita alla coltivazione è sottoposta alla pressione da parte dei pneumatici nel caso di una gestione convenzionale per arrivare al 30% nel caso di utilizzo di tecniche di non lavorazione.

La gestione del traffico intesa sia come una riduzione del compattamento mediante dispositivi atti a limitare la massa applicata sugli assali delle attrezzature e la pressione specifica da queste esercitata sul suolo, nonché limitando il numero di passaggi delle stesse (attrezzature associate o combinate) sia come concentrazione di tutti i passaggi delle attrezzature su apposite linee di transito rappresenta un aspetto tecnico-gestionale importante per la radicazione delle tecniche di lavorazione conservativa specialmente nella fase di transizione.

Riconosciuto il periodo transitorio a livello di suolo e l'importanza di una precisa e attenta gestione operativa, un'ulteriore aspetto di fondamentale importanza riguarda il comportamento delle singole colture agrarie. Le differenze esistenti tra le singole colture si manifestano nella differente attitudine alla penetrazione radicale, caratteristica che è legata alla forza di penetrazione dell'asse radicale e al suo diametro. In conseguenza a tali aspetti specie diverse sono in grado di reagire in modo differente alle medesime condizioni di resistenza alla penetrazione.

In riferimento alle principali colture venete, applicate dalle aziende di Veneto Agricoltura, la coltura del mais è risultata essere la più sensibile a tale problematica. Infatti, già a livello bibliografico è emerso che su un terreno argilloso - limoso una resistenza alla penetrazione di 1 MPa è in grado di provocare una riduzione del 23% della lunghezza radicale, mentre su terreno limoso un valore di 1.4 MPa può generare un decremento del 32% della lunghezza radicale. In una condizione di campo sabbiosa-limoso una resistenza alla penetrazione di 1,6 MPa è in grado di incidere sulla normale crescita della pianta (Clark, 1994).

Per la coltura della soia, il range varia invece tra 1,5 MPa e 2 MPa in relazione alle condizioni colturali. Infatti, in presenza di acqua disponibile un valore di 1.2 MPa si traduce in un decremento del 50% della capacità di penetrazione radicale (Pabin et al, 1991).

Determinare un valore univoco di alterazione non risulta essere chiaramente possibile, tuttavia, tuttavia già con valori di resistenza alla penetrazione prossimi a 1-1,5 MPa si riscontrano difficoltà alla normale attività radicale e di sviluppo della pianta.

L'uso di colture dotate di radici vigorose che riescono a migliorare le proprietà del sottosuolo compattato (tillage-radish), eventualmente come cover-crops, possono essere paragonate a degli attrezzi meccanici in quanto offrono una rottura più uniforme dello strato compattato. La presenza nel terreno della bioporosità realizzata da (lombrichi) e fessurazioni lasciate da radici di raccolti precedenti, favoriscono la naturale espansione radicale in profondità.

Concludendo, la resistenza alla penetrazione, parametro di fondamentale importanza per una regolare germinazione e sviluppo della pianta, dalle rilevazioni effettuate, è risultata essere molto spesso maggiore nelle superfici sodive (Misura 214/i - azione 1) rispetto alle altre due tesi aziendali (azione 2 e convenzionali di riferimento) che non hanno dimostrato sostanziali differenze.

Allo stato attuale risulta essere difficile quindi fornire una interpretazione univoca di tale trend, tuttavia, non si deve non considerare l'incidenza del periodo transitorio sulle proprietà chimico-fisiche del suolo da una gestione convenzionale.

### **9.1.2 Valutazione dell'investimento colturale per le colture di mais e soia**

Per il mais, relativamente alle superfici aziendali gestite mediante tecniche di AC (Misura 214/i – Az.1) si è rilevata una riduzione media della densità reale del 22% rispetto alle superfici gestite mediante tecniche di lavorazione convenzionale (NT 60% vs CT 82%).

L'incidenza delle tecniche di lavorazione del terreno sulla densità reale è risultata essere importante, tuttavia, sulla base dei risultati ottenuti non sembrano esserci differenze statisticamente significative in termini di un altro parametro altamente significativo ovvero il numero di piante non sane (NT 2,49% vs CT 2,53%).

Per la coltura del mais quindi, la tipologia di lavorazione del terreno ha effetti significativi sulla densità reale ma non sul numero di piante non sane, tematica particolarmente ricorrente quando si parla di AC.

La valutazione delle fallanze, la cui incidenza emerge in modo rilevante nell'interpretazione delle variazioni relative alla densità reale di campo, ha mostrato come la gestione e la componente climatico - ambientale siano in grado di influenzare anche in modo importante il numero di piante totali. La quota di fallanze, infatti, è stata particolarmente importante per le superfici conservative arrivando a valori prossimi al 40% mentre i convenzionali di confronto non sono andati oltre il 18%.

Dall'analisi delle varie osservazioni, emerge che per quanto riguarda l'applicazione della Misura 214/i – Azione 1, rispetto alla superficie convenzionale di confronto le cause di fallanze più incidenti sono risultate essere le non deposizioni, la non germinazione dei semi deposti e la presenza di plantule in emergenza non erose totalmente non emerse.

In merito alle mancate deposizioni, il diretto riferimento alla corretta regolazione dell'elemento di semina rappresenta sicuramente un aspetto di preliminare importanza, tuttavia, dalla sperimentazione condotta è emerso anche che la presenza di zone eterogenee per gestione residuale e/o con importanti depressioni superficiali incidono in modo determinante sulla qualità di lavoro dell'elemento di semina e quindi sulla deposizione stessa. È evidente quindi come la presenza di tali situazioni aggravi anche le successive fasi di germinazione ed emergenza colturale. Per queste motivazioni quindi la non germinazione dei semi deposti, complice anche una minore temperatura del terreno maggiormente accentuata nelle superfici sodive (in modo particolare in zone compattate) è risultata essere un'ulteriore causa di fallanza frequentemente rilevata.



Infine, un'eterogenea condizione di campo non agevola anche l'emergenza della coltura, infatti, un'altra importante causa è data dalle plantule in emergenza non erose. Tale aumento può essere correlato all'aggravarsi della problematica di crosta superficiale che determina una maggiore difficoltà nella fase di emergenza della plantula. La diversa suscettibilità alla formazione di crosta legato al diverso tipo di terreno per ogni azienda è probabilmente la causa della significatività delle differenze che si registrano anche tra le aziende monitorate.

Anche per quanto riguarda la coltura della soia, la valutazione degli investimenti colturali ha fatto registrare importanti differenze statistiche tra la gestione sodiva (Misura 214/i – Az. 1) e la gestione convenzionale. Come per il mais, infatti, la riduzione della densità reale di campo nelle superfici non-lavorate è risultata essere del 20% rispetto alla lavorazione convenzionale (NT 47% vs CT 67%).

Tale andamento risulta essere confrontabile con quanto rilevato per le piante sane mentre per quanto riguarda la percentuale di piante non sane si è rilevato una differenza statisticamente significativa tra le due tesi (NT 0,44% vs CT 0,29%).

A differenza di quanto riscontrato per la coltura del mais, l'incidenza nella non-lavorazione sulla percentuale di piante non sane potrebbe essere favorita da una maggiore vulnerabilità della plantula in particolare nelle primissime fasi di emergenza dovuta ad una condizione climatica spesso sfavorevole alla coltura come l'alternanza di forti precipitazioni con l'aumento delle temperature.

Tuttavia, oltre all'aspetto climatico, anche per la soia la condizione eterogenea di campo in termini di compattamento può aver inciso in modo importante sia sull'emergenza colturale che sulla quota di fallanze rilevate. Infatti, per quanto riguarda le fallanze, dalle osservazioni effettuate emerge che le cause più frequenti sono risultate essere le non deposizioni, la presenza di plantule in emergenza non erose totalmente non emerse e la non germinazione del seme.

## **9.2 Bilancio energetico ed emissioni di CO<sub>2</sub> nelle aziende agricole aderenti alla Misura 214/i – azione 1**

### **9.2.1 Valutazioni energetiche**

Essendo correlato alle rese colturali, che si ricordano essere ottenute dal modello di simulazione SALUS, l'output energetico è risultato essere inferiore nella gestione sodiva (Misura 214/i – Az.1) a causa della contrazione produttiva rilevata in particolar modo per la coltura più sensibile a tale variazione gestionale ovvero il mais.

Dall'analisi del trend relativo all'output energetico ottenuto è emerso che le differenze in termini di GJ/ha sono risultate essere più marcate nello scenario operativo 2010-2015 in quanto la fase transitoria da una gestione convenzionale può non essere ancora completamente superata e pertanto le condizioni agronomiche e pedologiche possono non aver ancora raggiunto un nuovo equilibrio produttivo.

Tuttavia, rispetto al primo periodo quinquennale dove la differenza media in termini di output tra le due gestioni era di circa 11 GJ/ha, nel lungo periodo (2010-2025) tale valore si riduce a circa 7 GJ/ha evidenziando quindi una potenziale ripresa della produttività aziendale.

Sulla base di tale andamento emerge quindi l'importanza applicativa di una misura agro ambientale come la 214/i – Azione 1 in grado di accompagnare l'agricoltore nella fase di transizione al fine di permettere un diretto riconoscimento dei maggiori costi e dei mancati redditi (in particolar modo per la coltura del mais dal momento che per le altre colture considerate le differenze produttive non sono risultate essere particolarmente rilevanti) derivanti dall'adozione della gestione sodiva fino al raggiungimento del nuovo equilibrio agronomico in grado quindi di garantire una stabilità produttiva paragonabile a quella ottenibile con tecniche di lavorazioni convenzionali del terreno.

Osservando i risultati ottenuti dalle rilevazioni aziendali effettuate, da un punto di vista colturale, per la coltura del mais il risparmio energetico conseguibile con l'adozione della Misura 214/i – Azione 1 è risultato essere di circa 10 GJ/ha rispetto alla tecnica convenzionale basata sull'aratura. Per le altre colture invece la differenza è più contenuta, infatti, per il colza il risparmio energetico medio si aggira sui 2 GJ/ha, per la

soia circa 1,5 GJ/ha mentre il frumento non vi è un risparmio ma un aumento di spesa energetica di circa 2 GJ/ha.

Nell'ipotesi applicativa di una rotazione colturale basata sull'adozione delle colture selezionate è emerso che il risparmio energetico medio, relativo all'applicazione della Misura 214/i – Az. 1 (semina su sodo) è risultato essere di circa 3 GJ/ha rispetto al convenzionale aziendale.

Questo risparmio che si è venuto a creare è attribuibile perlopiù al minor consumo di energia diretta, quale conseguenza del minore numero di interventi e della maggiore capacità di lavoro delle macchine utilizzate nella gestione conservativa.

Mediamente, infatti, il costo energetico relativo agli interventi meccanici è risultato essere del 73% superiore con una gestione convenzionale rispetto ad una gestione sodiva con punte anche del 92% e del 100% rispettivamente per la coltivazione della mais e della soia. Valori più contenuti sono stati registrati per la coltura del frumento (38%), dovuti ad una già apprezzabile tendenza di riduzione dell'intensità delle tradizionali lavorazioni del terreno e alla presenza, nella gestione conservativa, di più interventi relativi alla gestione delle colture di copertura (semina e devitalizzazione) per adempiere al protocollo operativo della Misura 214/i – Az. 1.

In termini energetici, la gestione sodiva (Misura 214/i – Az.1) è risultata essere quella più efficiente nel convertire l'energia spesa nel corso del ciclo colturale rispetto a una gestione convenzionale sia in uno scenario applicativo di medio termine (+ 0,18 punti) che di lungo periodo (+ 0,4 punti).

I maggiori livelli di efficienza energetica nel primo quinquennio (2010-2015) sono conseguibili con colture quali il colza (6,3), mais (4,7) e soia (4,4). Solo per la coltura del frumento, si registra un livello di efficienza energetica inferiore alla gestione convenzionale molto probabilmente a causa della “virtuosa onerosità” richiesta dalle colture di copertura.

Tuttavia, questo gap nel passaggio da uno scenario di medio termine (2010-2015) a uno di lungo termine (2010-2025) si riduce in modo consistente passando da 0,24 a 0,12 punti. Nel lungo periodo quindi, complice il possibile superamento della fase transitoria, l'efficienza energetica della semina su sodo tende ad aumentare mentre l'efficienza della gestione convenzionale si riduce anche di 0,4 punti come emerso per la coltura della soia.

## 9.2.2 Valutazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>

### *Emissioni colturali di CO<sub>2</sub>*

Dal punto di vista colturale, il trend emerso ricalca in modo fedele l'andamento visto precedentemente in termini energetici.

Per la coltura del mais, complice l'importante differenza energetica tra le due tesi, la riduzione delle emissioni colturali di CO<sub>2</sub> conseguibile con l'adozione alla Misura 214/i-Azione 1 è risultata essere di circa 0,5 t/ha rispetto alla tecnica agronomica basata sulle lavorazioni convenzionali. Per le altre colture la differenza è stata più contenuta, per il colza il risparmio medio si è aggirato sui 0,13 t/ha, per la soia circa 0,051 t/ha mentre il frumento non vi è un risparmio ma un aumento delle emissioni di circa 0,11 t/ha di CO<sub>2</sub>.

Nel complesso, l'applicazione di una gestione conservativa delle superfici, intesa come l'adozione della non-lavorazione e l'impiego di colture di copertura (cover-crops), ha portato ad una riduzione di circa 0,13 t/ha di CO<sub>2</sub> rispetto ad una gestione agronomica convenzionale.

I risultati raccolti sostengono quindi che l'applicazione di tecniche conservative, nonostante la necessità di maggiori *surplus* energetici relativi alla gestione delle colture di copertura (semina e successiva devitalizzazione) e alla maggiore incidenza da parte di alcune categorie di fattori produttivi permettono di conseguire una riduzione delle emissioni colturali in linea con le attuali e future priorità agricole comunitarie.

### *Emissioni di CO<sub>2</sub> dal terreno*

Entrambe le gestioni mostrano nel tempo una riduzione del contenuto di carbonio totale nel terreno, ma in modo diverso: una perdita evidente nel caso delle lavorazioni convenzionali, una leggero calo per le non lavorazioni.

I vantaggi nell'applicazione della misura, quindi, devono essere considerati nel confronto con le lavorazioni convenzionali, piuttosto che un effettivo aumento del C nel terreno dovuto alle lavorazioni conservative. Questo, d'altra parte, è stato suffragato anche da alcune recenti esperienze nel Nord America (Senthilkumar et al. 2009).

Seppur in misura nettamente minore rispetto alla gestione agronomica convenzionale, si è registrato quindi una sensibile riduzione del contenuto di carbonio organico anche su superfici gestite in modo conservativo. Tuttavia, la differenza del 127% tra le due gestioni mostra anche in questo scenario che i maggiori aggravii in termini di fertilità del terreno sono conseguibili con una gestione convenzionale.

Questo possibile decremento risultato dalla simulazione SALUS potrebbe derivare dalla maggiore dinamicità e variabilità del contenuto di carbonio organico riscontrabile nello strato considerato dalla simulazione (strato 0-15 cm). Inoltre, non è da considerarsi di secondaria importanza anche il conseguente flusso di emissioni derivante dal processo degradativo dei residui colturali. Tale aspetto, che ha già trovato conferme in altre realtà applicative potrebbe limitare le potenzialità di aumento del tenore di carbonio organico negli strati più superficiali.

Inoltre, nel periodo 2010-2025 le perdite annue di carbonio organico totale fatte registrare dalle superfici gestite mediante tecniche di lavorazione convenzionali sono risultate essere sempre maggiori rispetto alle perdite derivanti dalla gestione conservativa (Misura 214/i – Az.1). In particolare, nel primo quinquennio (2010-2015) l'entità delle perdite annuali di carbonio rilevate nella gestione sodiva sono pari a circa 0,3 t/ha/anno mentre nella gestione convenzionale si arriva a riscontrare perdite annue anche di 1,95 t/ha/anno.

Nel lungo periodo (2010-2025), l'entità delle perdite nella superfici oggetto di non lavorazione diviene più altalenante, in funzione di della rotazione colturale e dell'andamento climatico simulato dal modello previsionale SALUS ma arrivando a valori massimi annui inferiori a 0,5 t/ha/anno. Anche nella gestione convenzionale le perdite divengono più altalenanti ma l'entità annua di tale fenomeno non risulta essere mai inferiore a 0,5 t/ha/anno.

## Emissioni complessive di CO<sub>2</sub>

Le potenzialità di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'applicazione delle tecniche di Agricoltura Conservativa sono riportate in Tab. 54.

Anno	Sommatoria cumulata delle emissioni CO <sub>2</sub> (t/ha)
2010	-
2015	+ 25,28
2025	+ 51,45

Tab. 54 – Riduzione delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> conseguente all'applicazione della Misura 214/i – Azione 1.

Sulla base degli scenari sperimentali preposti, emerge quindi come già nel medio periodo, definito dalla durata quinquennale della Misura 214/i – Azione 1 (2010-2015) il risparmio di emissioni di CO<sub>2</sub> raggiunga un valore superiore alle 25 t/ha rispetto ad una gestione convenzionale basata su lavorazioni con inversione degli strati.

Tuttavia, il beneficio legato all'applicazione delle tecniche conservative è destinato a salire qualora tali superfici continuino ad essere gestite in modo conservativo arrivando al 2025 a una potenziale riduzione delle emissioni di più di 50 t/ha.

Tale aspetto, conferma quindi l'inversione di tendenza rispetto alle tecniche convenzionali e, in particolare, le potenzialità di risparmio in termini di emissioni sembrano essere tanto maggiori quanto più elevato è il contenuto di sostanza organica iniziale (Fig. 77).

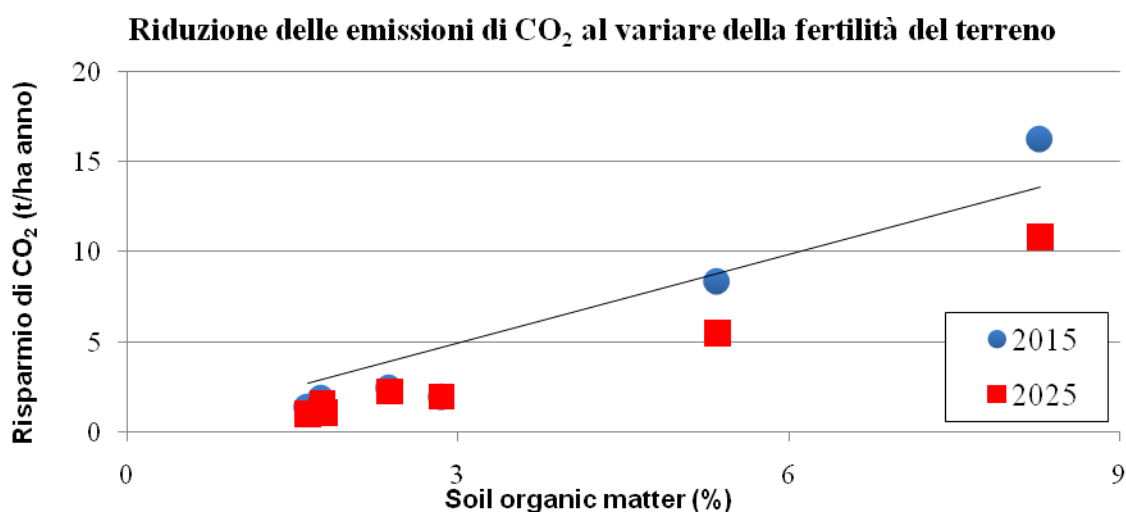


Fig. 85 – Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>/anno al variare del contenuto di sostanza organica (SOM).

I vantaggi derivanti dall'adozione dell'Misura 214/i – Azione 1 risultano essere di considerevole interesse nella realtà agricolo - produttiva Veneta.

I benefici ma più in generale anche la corretta interpretazione e applicazione aziendale richiede tuttavia un periodo transitorio variabile tra i 3-5 anni entro i quali il supporto di tale misura in grado di riconoscere i maggiori costi e i mancati redditi derivanti dall'adozione di tali tecniche risulta essere di fondamentale importanza per evitare bruschi ritorni ad una gestione convenzionale.

Le valutazioni energetiche e delle emissioni di CO<sub>2</sub> hanno dimostrato che il superamento di tale periodo oltre a generare un nuovo equilibrio produttivo, particolarmente importante per una proficua applicazione delle tecniche a livello aziendale, consente di protrarre e in alcuni casi aumentare i benefici ottenibili.

Emerge quindi l'importanza di un'ulteriore estensione della Misura 214/i – Azione 1 in modo tale da poter tesORIZZARE le superfici già gestite in modo conservativo e aprire a nuove adozioni al livello veneto.





## CAPITOLO X – BIBLIOGRAFIA

**Abawi G.S. e Widmer T.L.** 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15: 37–47

**Abernathy G.H., Porterfield J.G.** 1999. Effect of planter opener on furrow characteristics, *ASAE*, 12, 16-19.

**Abril, A., Baleani, D., Casado-Murillo, N. and Noe, L.** 2007. Effect of wheat crop fertilization on nitrogen dynamics and balance in the Humid Pampas, Argentina, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 171–176.

**Acutis M., Bindi M., Orlandini S.** 2013. Agricoltura e cambiamenti climatici. Capitolo di libro in Pisante M. 2013. Agricoltura sostenibile. Principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttivi per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica. *IlSole24Ore- Edagricole*, Bologna XIV (ISBN – 978-88-506-5411-6); 59-85.

**Alakukku L.** 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic, short-term effects on the properties of clay and organic soils. *Soil and tillage research*. 37, 211-222.

**Al-Kaisi M.M., Yin X.** 2004. Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage. *Soil & Tillage Research* 78, 91-101.

**Al-Kaisi M.M., Yin X.** 2005. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations. *Journal of Environmental Quality* 34, 437-445.

**Andersen A.** 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Protection* 18: 651–657

**Andersen A.** 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pests and beneficial insects. *Crop Protection* 22: 147–152

**ARPAV.** 2008. Contenuto di carbonio organico nei suoli del Veneto.

**ARPAV.** 2010. Contenuto di carbonio organico nei suoli del Veneto.

**ASAE Standards.** 2006. S477 DEC01: Terminology for Soil-engaging Components for Conservation-tillage Planters, Drills, and Seeders. ASAE, St. Joseph, MI.

**Baggs E.M., Stevenson M., Pihlatie M., Regar A., Cook H., Cadisch G.** 2003. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertilizer under zero and conventional tillage. *Plant Soil* 254, 361–370.

**Biondi P., V. Panaro e G.Pellizzi.** 1989. Le richieste d'energia del sistema agricolo italiano, PFE, LB-20, CNR-ENEA, Roma, 387 pp.

**Ball B.C., Scott A., Parker J.P.** 1999. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil and Tillage Research* 53, 29-39.

**Baker, J.L.** 2003. Potential and limitations of management practices to reduce nutrient losses. Pp. 074 – 079 in total maximum daily load (TMDL) environmental regulations – proceeding of the 8 – 12 November 2003 conference (Albuquerque, New Mexico USA).

**Baker J.M., Ochsner T.E., Venterea R.T. and Griffis T.J.** 2007. Tillage and soil carbon sequestration - What do we really know? *Agriculture Ecosystems and Environment* 118 1-5.

**Bakhsh, A. and Kanwar, R. S.** 2007. Tillage and N application rates affect on corn and soybean yields and NO<sub>3</sub>-N leaching losses, *Transactions of the ASABE*, 50(4): 1189-1198.

**Basch G., Kassam A., Gonzalez-Sanchez E.J., Streit B.** 2012. Making Sustainable Agriculture Real. CAP 2020. Life+ Agricarbon project ISBN 978-84-615-B106-1

**Basso B., Ritchie J.T., Grace P.R., Sartori L.** 2006. Simulation of tillage systems impact on soil biophysical properties using the SALUS model. *Italian Journal of Agronomy* 4, 677-688.

**Benvenuti L.** 2007. Le tecnologie meccaniche. Capitolo di libro in Pisante M. 2007. *Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile.* IlSole24Ore-Edagricole, Bologna, XII (ISBN-978-88-506-5253-2); 187 – 284

**Bhatia A., Sasmal S., Jain N., Pathak H., Kumar R., Singh A.** 2010. Mitigating nitrous oxide emission from soil under conventional and no-tillage in wheat using nitrification inhibitors. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136, 247–253.

**Blandino M., Amato F., Testa G., Ferrari A. e Reyneri A.** 2011. Il ruolo della concia insetticida nel nanismo ruvido del mais. *L'Informatore Agrario* 17: 66–68

**Boriani L., Ferrari R., Maini S., Furlan L.** 2002. Monitoraggio e prevenzione per combattere gli elateridi. *Agricoltura* (7) 55–57.

**Borin M., Sartori L.** 1994. Technical and production aspects of ridge till, no-tillage and conventional tillage in a barley-soybean-maize rotation in north-east Italy. In *International Conference on Agricultural Engineering, Proceedings of AgEng '94*, 29 August- 1 September 1994, Milan. Part 2, p.572

**Botch M.S., Kobak K.I., Vinson T.S., Kolchugina T.P.** 1995. Carbon Pools and Accumulation in Peatlands of the Former Soviet Union. *Global Biogeochem. Cycles*, 9, 1:37-46.

**Bouwman A.** 2001. Global estimates of gaseous emissions from agricultural land. *FAO– Rome* p 106.

**Brévault T., Bikay S., Maldés J.M., Naudin K.** 2007. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil & Tillage Research* 97: 140–149

**Buyanovsky G.A. e Wagner G.H.** 1998. Changing role of cultivated land in the global carbon cycle. *Biology Fertility of Soils*, 27, 242-245.

**Cantele A., Zanin G.** 1983. Diserbanti ed energia: considerazioni sul loro impiego in agricoltura. *Rivista di Agronomia*, 17: 65-77.

**Capowiez Y., Samartino S., Cadoux S., Bouchant P., Richard G., Boizard H.** 2012. Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems. *Soil Biology & Biochemistry* 55 (2012) 93 e 103.

**Carillon R.** 1979. L'analyse énergétique de l'acte agricole. *Etude du CNEEMA*, 458: 1-48.

**Catt, J.A., Howse, K.R., Christian, D.G., Lane, P.W., Harris, G.L., Goss, M.J.** 2000. Assessment of tillage strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK, *Soil & Tillage Research* 53: 185-200.

**Causin R.** 2006. Funghi e micotossine. In *Mais e sicurezza alimentare*. ed L. Disegna, 11–29. Veneto Agricoltura, Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale, Agroalimentare. ed A. Tadiotto, I. Lavezzo, Veneto Agricoltura, Settore Divulgazione Tecnica e Formazione Professionale. Legnano (Padova).

**Ceja-Navarro J.A., Rivera-Orduna F.N., Patino-Zuniga L., Vila-Sanjurjo A., Crossa J., Govaerts B., Dendooven L.** 2010. Phylogenetic and multivariate analyses to determine the effects of different tillage and residue management practices on soil bacterial communities. *Applied and Environmental Microbiology* 76, 3685 – 3691

**Chauhan B.S., Singh R.G. e Mahajan G.** 2012. Ecology and management of weeds under Conservation agriculture: A review. *Crop Protection* 38: 57–65

**Chen M., Chen B., Marschner P.** 2008. Plant growth and soil microbial community structure of legumes and grasses grown in monoculture or mixture. *Journal of Environmental Sciences*, 20:1231-1237.

**Clark R.L.** 1996. Soil strength variability within fields; in P.C.Robert, W.E.Larsen (editors); Proceedings of the third international conference on precision agriculture, 23-26, Minneapolis, Minnesota; pp.201-210;

**Clausen J.C., Jokela W.E., Potter F.I., Williams J.W.** 1996. Paired watershed comparison of tillage effects on runoff, sediment and pesticides losses. *Journal of Environmental Quality*, 25, 1000-1007

**Clemens J., Ahlgrimm H.J.** 2001. Greenhouse gases from animal husbandry: mitigations options. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (60). 287-300

**Clements D.R., Weise S.F., Brown R., Stonehouse D.P., Hume D.J., Swanton C.J.** 1995 Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52 ( 1995 ) 119-142

**COM/2009/147.** 2009. Libro Bianco - Comunicazione della commissione al consiglio europeo e al parlamento europeo – Adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo sui cambiamenti climatici

**Constantin, J., Mary, B., Laurent, F., Aubrion, G., Fontaine, A., Kerveillant, P., Beudoin, N.** 2010. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. *AAE* 135 268-275.

**CORINE Land-Cover.** 2010. Centro Interregionale per i Sistemi informatici, geografici, statistici.

**Curtin D., Wang H., Selles F., McConley B.G., Campbell C.A.,** 2000. Tillage effects on carbon fluxes in continuous wheat and fallow-wheat rotations. *Soil Science Society of America Journal* 64, 2080-2086.

**Dadoun F.A.** 1993. Modeling tillage effects on soil physical properties and maize development and growth. Ph.D. Thesis, Michigan State University, MI.

**Dalgaard T ., N. Halberg and Porter e J.R.** 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.,87: 51-65.

**Daraghmeh O.A., Jensen J.R., Petersen C.T.** 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a sandy loam. *Geoderma* 150, 64-71.

**Delgado J.A., Groffman P.M. ,Nearing M.A.,Goddard T.,Reicosky D., Lal R., Kitchen R., Rice C. W., Towery D. T., Salon P.** 2001. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of soil and water conservation*, 66, 118-128.

**Derpsch R.** 2001. *Frontiers in Conservation Tillage and Advances in Conservation Practice*. In: *Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting*, pp. 248-254. Eds D E Stott, R H Mohtar, G C Steinhard, May 24 -29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

**Derpsch R.** 2005. The extend of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact. *Proceedings of the Third World Congress on Conservation Agriculture: Linking Production, Livelihoods and Conservation*, Nairobi Kenya, October 3-7, 2005.

**Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L.** 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int J Agric & Biol Eng* 3 (1): 1–26

**Di, H.J. and Cameron, K.C.** 2002. Nitrate leaching in temperate Agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46: 237–256.

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

**Di Tullio E., Pipia D.** 2007. L'Agricoltura Conservativa in Italia: alcune considerazioni di natura economica. Capitolo di libro in Pisante M. 2007. Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile. IlSole24Ore-Edagricole, Bologna, XII (ISBN-978-88-506-5253-2); 261 – 284

**Dosdall L.M., Dolinski M.G., Cowle N.T. e Conway P.M.** 1999. The effect of tillage regime, row spacing, and seeding rate on feeding damage by flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), in canola in central Alberta, Canada. *Crop Protection* 18: 217–224

**Drinkwater, L.E., Wagoner, P., Sarrantonio, M.** 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396. 262-265.

**Eagle A. J., Olander L- P., Henry L. R., Kozyra K. H.** 2010. Greenhouse gas mitigation potential of agricultural land management in the united states a synthesis of the literature. Technical working group on agricultural greenhouse gases, Nicolas Institute, Duke university.

**Ehlers, W., Claupein, W.** 1994. Approaches toward conservation tillage in Germany. In: Carter, M.R. (Ed.), *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, pp. 141–165.

**European Commission.** 2008. Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. CLIMSOIL. Technical Report - 2008 - 048. ISBN: 978-92-79-20667-2 doi: 10.2779/12723.

**European Environment Agency (EEA),** 2012. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets. European Environment Agency report N° 6/2012.

**Elmi A.A., Madramootoo C., Hamel C., Liu A.** 2003. Denitrification and nitrous oxide to nitrous oxide plus dinitrogen ratios in the soil profile under three tillage systems. *Biol. Fertil. Soils* 38, 340–348.

**Endale, D. M., Radcliffe, D. E., Steiner, J. L., Cabrera, M. L.** 2002. Drainage characteristics of a southern piedmont soil following six years of conventionally tilled or no-till cropping systems, transactions of the ASAE, 45(5): 1423–1432.

**ENEA.** 2011. L'efficienza energetica nel settore agricoltura. Roma

**European Commission,** 2008. Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. CLIMSOIL. Technical Report - 2008 - 048. ISBN: 978-92-79-20667-2 doi: 10.2779/12723.

**Fang, Q., Yu, Q., Wang, E., Chen, Y., Zhang, G., Wang, J., Li, L.** 2006. Soil nitrate accumulation, leaching and crop nitrogen use as influenced by fertilization and irrigation in an intensive wheat – maize double cropping system in the North China Plain. Plant Soil 284:335 – 350.

**FAO.** 2004. Conservation of natural resources for sustainable agriculture: training modules. FAO land and water digital media series, CD-ROM 27.

**FAO.** 2010. Food and Agriculture Organization - Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment, FAO, Roma.

**Fawcett R.S.** 1995. Agricultural tillage systems: impacts on nutrient and pesticide runoff and leaching. In: Farming for a Better Environment: A White Paper. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, pp 67.

**Fimav** 2006. Tariffe delle lavorazioni meccaniche agricole per conto terzi, Federazione Imprese di Meccanizzazione Agricola del Veneto (Verona).

**Flowers M.D, Lai R.** 1998. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. Soil and tillage research, 48, 21-35.

**Furlan L.** 2009. La difesa del mais nelle prime fasi di sviluppo: conoscenze ed esperienze di lotta integrata. In Atti Convegno La difesa dagli insetti terricoli. Bologna,



**Furlan L., Caciagli P., Causin R. e Di Bernardo A.** 2009. Il seme di mais va protetto solo quando serve davvero. *L'Informatore Agrario* 5: 36–44

**Furlan L., Cappellari C., Porrini C., Radeghieri P., Ferrari R., Pozzati M., Davanzo M., Canzi S., Saladini M.A., Alma A., Balconi C. e Stocco M.** 2011. Difesa integrata del mais: come effettuarla nelle prime fasi. *L'Informatore Agrario* 7: 15 – 19.

**Gebresenbet G., Jonsson H.** 1992. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. *Agricultures Engineering Research*, 52, 121-145.

**Grace J.** 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 92: 189-202.

**Guzha, A.C.** 2004. Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. *Soil Tillage Research*. 76, 105–114.

**Hamza, M.A., Anderson, W.K.** 2005. Soil compaction in cropping system, a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*. 82, 121 – 145.

**Hansen, E.M., Munkholm, L.J., Melander, B., Olesen, J.E.** 2010. Can non-inversion tillage and straw retainment reduce N leaching in cereal-based crop rotations? *Soil & Tillage Research* 109, 1–8.

**Hernanz J.L., Sanchez-Giron V., Navarrete L.** 2009. Soil carbon sequestration and stratification in a cereal/leguminous crop rotation with three tillage systems in semiarid conditions. *Elsevier Science Direct*, 133:114-122.

**Holland J.M.** 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 1–25

**Holland J. M., Reynolds C. J. M.** 2003. The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia* 47: 181–191

**Hornacek .M.** 1979. Application de l'analyse énergétique à 14 exploitation agricoles. Etudes du CNEEMA.,457: 1-120.

**Houghton R.A.** 1999. The annual net flux of carbon to the atmosphere from change in land use 1850 to 1998. Tellus 51 298-313.

**House G.J., Stinner B.R.** 1983. Arthropods in No-tillage Soybean Agroecosystems: Community Composition and Ecosystem Interactions. Environmental Management 7 (1): 23–28

**Hummel R. L., Walgenbach J. F., Hoyt G. D. e Kennedy G.G.** 2002. Effects of production system on vegetable arthropods and their natural enemies. Agriculture, Ecosystems and Environment 93: 165–176.

**INEA.** 2006. Note metodologiche relative ai dati strutturali ed economici dell'agricoltura veneta Banca dati RICA - Serie storica 1990-2004.

**IPCC.** 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., and Johnson C.A. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

**ISPRA** – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2010). Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2008. National Inventory Report - Roma.

**ISPRA** – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2011). Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report 139/2011 Roma.

**Jarach M.** 1985. Sui valori di equivalenza energetica per l'analisi e il bilancio energetico in agricoltura. Rivista di Ingegneria Agraria.,2: 102-114.

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

**Jones C.A., Basch G., Baylis A.D., Bazzoni D., Biggs J., Bradbury R.B. Chaney K., Deeks L.K. and Thomas F.** 2006. Conservation Agriculture in Europe: and approach to sustainable crop production by protecting soil and water? SOWAP, Jealott's Hill, Bracknell, RG42 6EY, UK.

**Jones C.** 2007. Australian Soil Carbon Accreditation Scheme (ASCAS) - Managing the Carbon Cycle. Katanning Workshop.

**Jones J.W., Ritchie J.T.** 1991. Crop growth models. In: Hoffman G.J., Howell T.A., Soloman K.H. (Eds.). Management of farm irrigation systems. ASAE, St. Joseph, MI.

Kanwar, R.S., Bakhsh, A. 2001. Preferential Flow and its Effects on Nitrate and Herbicide Leaching to Groundwater under Various Tillage Systems, in eds. David Bosch & Kevin King, Preferential Flow Water: Movement and Chemical Transport in the Environment, Proc. 2nd Intl. Symp. (3-5 January 2001, Honolulu, Hawaii, USA) St. Joseph, Michigan: ASAE. 701P0006, Pp. 165-168.

**Kassam A., Friedrich T., Shaxson F., Pretty J.** 2009 The spread of Conservation Agriculture: justification sustainability and uptake. *International Journal of agricultural sustainability* 7 (4), 292 – 320.

**Kassam A., Friedrich T., Derpsch R., Lahmar R., Mrabet R., Basch G., González-Sánchez E.J., Serraj R.** 2012. Conservation agriculture in the dry Mediterranean climate. *Field Crops Research*.

**Kern J.S., Johnson M.G.** 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Science Society of America Journal* 57, 200-210.

**Kirby M.J., Kirchoff G.** 1990. The compaction process and factors affecting soil compactibility. In proceedings of Queensland Department of Primary Industries Soil Compaction Workshop Toowoomba Australia, 28-31.

**Kranz, W.L., Kanwar, R.S.** 2000. Impact of tillage and tracer application method on spatial distribution of leaching losses, Transactions of the ASAE, 43(5): 1103-1116.

**Kucharik C.J., Brye K.R., Norman J.M., Foley J.A., Gower S.T., Brundy L.G.** 2001. Measurements and modelling of carbon and nitrogen cycling in Agroecosystems of southern Wisconsin: potential for SOC sequestration during the next 50 years. Ecosystems 4: 237-258.

**Laird, M.K., Vaughan, D.H., Benham, B.L, Anderson, S., Barham, B., Jacobs, R., O'Connor, C., Nelson, C.A., Ross, B.B.** 2003. Water quality impacts of tillage practices used in burley tobacco production. ASAE Annual international meeting sponsored. Paper number 032197.

**Lal R., Kimble J.M.** 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49, 243-253.

**Lal R.** 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. Progress in Environmental Science 1, 307-326.

**Lal, R.** 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304, 1623–1627.

**Lal R.** 2006. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science, 304:1623-1627.

**Larson W.E.** 2009. Crop residues: energy production or erosion control. Journal of Soil and Water Conservation 34 (2), 74-76.

**Longsdon S.D., Douglas L.K.** 2004. Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. Soil & Tillage Research, 78, 143:149.

**Lugato, E., Berti, A.,** 2008. Potential carbon sequestration in a cultivated soil under different climate change scenarios: A modelling approach for evaluating promising management practices in north-east Italy. Agric. Ecosyst. Environ. 128, 97–103.

**Malarmé D.** 1983. Energetic analysis of three agro-ecosystems in Belgium. Proceedings of the First international conference Energy and agriculture. 27-29 April 1983, Milan.

**Marasas M.E., Sarandón S.J., Cicchino A.C.** 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Applied Soil Ecology* 18: 61–68.

**McFarlane K.J., Schoenholtz S.H., Powers R.F.** 2009. Plantation management intensity affects Belowground Carbon and Nitrogen Storage in Northern California. *Soil Science Society of America Journal* 73, 1020-1032.

**Mikka M., Rice C.W.** 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68:809-815.

**McKenzie, N.J., Jacquier, D.W., Ashton L.J., Cresswell H.P.** 2000. Estimation of Soil Properties Using the Atlas of Australian Soils” CSIRO Land and Water, Canberra ACT - Technical Report.

**Mkhabela, M.S., Madani, A., Gordon, R., Burton, D., Cudmore, D., Elmi, A., Hart, W.** 2008. Gaseous and leaching nitrogen losses from no-tillage and conventional tillage systems following surface application of cattle manure, *Soil & Tillage Research* 98: 187–199.

**Morari, F., Lugato, E., Berti, A., Giardini, L.** 2006. Long-term effects of recommended management practices on soil carbon changes and sequestration in north-eastern Italy. *Soil Use and Management* (22) 71–81.

**Nelson R.G., Hellwinckel C.M., Brandt C.C., West T.O., Urgate de la T., Marland G.** 2009. Energy uses and carbon dioxide emissions from crop land production in the United States, 1990-2004. *Journal of environmental quality* 38, 418-425.

**Nilsson L.G.** 1986. Data of yield and soil analysis in the long-term soil fertility experiments. *Journal of the Royal Swedish Academy Of Agriculture and Forestry* (18) 32-70.

**Ogle S.M., F.J. Breidt, Paustian, K.** 2005. Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* 72:87-121.

**Oorts, K., Laurent, F., Mary, B., Thiebeau, P., Labreuche, J., Nicolardot, B.** 2007. Experimental and simulated soil mineral N dynamics for long-term tillage systems in northern France, *Soil & Tillage Research* 94: 441–456.

**Pabin J., Sienkiewicz J., Wlodek S.** 1991. Effect of loosening and compacting on soil physical properties and sugar beet yield, *Soil and tillage Research*, 19, pp. 345-350

**Paoletti M.G., Favretto M.R., Stinner B.R., Purrington F.F., Bater, J.E.** 1991. Invertebrates as bioindicatorsof soil use. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 34: 341-362.

**Paoletti M.G., Sommaggio D., Bressan M., Celano V.** 1996. “Can sustainable agricultural practices affect biodiversity in agricultural landscapes? A case study concerning orchards in Italy” In: Booij C.J.H., den Nijs, L.J.M.F (eds.), *Arthropod Natural Enemies in Arable Land II, Survival, Reproduction and Enhancement. Acta Jutlandica* 71 (2).

**Parkin T.B., Kaspar T.C.** 2006. Nitrous oxide emissions from corn-soybean systems in the mid-west. *Journal of environmental quality* 35(4), 1496-1506.

**Paustian K., Cole C.V., Sauerbeck D. , Sampson N.** 1998. CO<sub>2</sub> mitigation by agriculture: An 25 overview, *Climatic Change* 40(1):135-162

**Pellizzi G.** 1984. Prime analisi comparative di differenti processi di conversione energetica della biomassa. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2: 65-72.

**Pettenella D., Zanchi G.** 2006. Inquadramento generale del protocollo di Kyoto – Opportunità e limiti per il settore forestale”. Università di Padova.

**Pettenella D., Ciccarese L.,** 2010. Agricoltura, selvicoltura e cambiamenti climatici. Ed. Agriregionieuropa.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2011a. Seminatrici a righe da sodo: come orientarsi nella scelta. L'Informatore Agrario n°27, pp 33 – 38.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2011b. La precisione nel sodo richiede scelte di qualità. L'Informatore Agrario n°27, pp 41 – 45.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2012a. Minore compattamento controllando il traffico delle macchine in campo. L'Informatore Agrario n°3, pp 85 – 90.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2012b. Meno costi e impatto ambientale con la lavorazione ridotta. L'Informatore Agrario n°27, pp 42-44.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2012c. Le soluzioni alternative all'aratura. L'Informatore Agrario n°27, pp 45-48.

**Pezzuolo A., Sartori L.** 2012d. Come gestire il residuo colturale con lavorazioni superficiali. L'Informatore Agrario n°27, pp 49-52.

**Pezzuolo A.** 2013. Semina su sodo, scelte tecniche e regolazioni alla base del successo. L'Informatore Agrario n° 37, pp 56-58.

**Phillips, R.E.** 1983. Effect of climate on performance of no-tillage. In: R.E. Phillips and S.H. Phillips (Editors), No-tillage. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 1 1-34.

**Pimentel P e M. Pimentel.** 1979. Food , Energy and Society. Edward Arnold, London 162 pp.

**Pisante M.** 2007. *Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile.* IlSole24Ore-Edagricole, Bologna, XII + 317 pp. (ISBN-978-88-506-5253-2).

**Pisante M.** 2013. *Agricoltura sostenibile. Principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttivi per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica.* IlSole24Ore- Edagricole, Bologna XIV + 337 pp (ISBN – 978-88-506-5411-6).

**Post W.M., Kwon K.C.** 1999. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential. *Global Change Biology*, 6:317-328.

**Power, J.F., Peterson, G.A.** 1998. Nitrogen transformations, utilization, and conservation as affected by fallow tillage method. *Soil & Tillage Research* (49) 37 – 47.

**Prentice I.C., Farquhar G.D., Fasham M.J.R., Goulden M.L., Heimann M., Jaramillo V.J., Kheshgi H.S., Le Quéré C, Scholes R.J., Wallace D.W.R.,** 2001. *The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K. and Johnson C.A. (eds.)].* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

**Pullaro T.C., Marino P.C., Jackson D.M., Harrison H.F., Keinath A.P.** 2006. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds and herbivores. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115, 97-104.

**Radford B.J., Yule D.F., McGarry D., Playford C.** 2007. Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. *Soil & Tillage Research* 97 (2007) 249–255

**Reganold, J.P., Elliot L.F., Unger Y.L.** 1987. Long term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature*.,330,370-372.



**Regione Lombardia.** 2013. Il ruolo dell'agricoltura conservativa nel bilancio del carbonio (AgriCO<sub>2</sub>ltura). Quaderni della ricerca n.153

**Regione Veneto.** 2011. Calcolo dei mancati redditi e dei costi aggiuntivi per le Misure 214/i (Azione 1 e 2), 215 (Azione 4) e 216 (Azione 6). Dgr 1681/2011 – Allegato 2 bis.

**Regione Veneto.** 2013. Rapporto statistico del 2013. ISBN 978-88-6297-150-8

**Reicosky D.C.** 2003. Tillage-induced CO<sub>2</sub> emissions and carbon sequestration: effect of secondary tillage and compaction. In: Garcia-Torres L., Benites J., Martinez-Vilela A., Holgado-Cabrera A. (Eds). Conservation Agriculture. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht The Netherlands: 291-300.

**Ritchie J.T., Otter S.** 1985. Description and Performance of CERES-wheat: a User-oriented Wheat Yield Model.

**Robertson G.P., Paul E.A., Harwood R.R.** 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. Science 289 (5486), 1922-1925.

**Scholz V., W.Berg e P. Kaulfub.** 1998 . Energy balance of solid biofuels. J.Agric.Eng. Res.,71: 263- 272.

**Senthilkumar S., Basso B., Kravchenko A.N., Robertson G.P.** 2009. Contemporary Evidence of Soil Carbon Loss in the U.S. Corn Belt. Soil Sci. Soc. Am. J. 73:2078-2086.

**Shipitalo, M.J., Dick, W.A., Edwards, W.M.** 2000. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals, Soil & Tillage Research 53: 167-183.

**Slessor M., Wallace I.** 1982. Energy consumption per tonne of competing agricultural products available to the E.C..CEC, Inf. On Agriculture 85,168 pp.

**Sleutel S., De Neve S., Hofman G., Boeckx P., Beheydt D., Van Cleemput O., Mestdagh I., Lootens P., Carlier L., Van Campo N., Verbeeck H., Vande Walle I., Samson R., Lust N., Lemeur R.** 2003. Carbon stock changes and carbon sequestration potential of Flemish cropland soils. *Glob. Change Biol.* 9: 1193-1203

**Smith P., Powlson DS., Glendining MJ., Smith JU.** 1998. Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology* 4(6):679-685.

**Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Rose S., Schneider U., Towprayoon S., Wattenbach M.** 2007. Agriculture. In B.Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave & L.A. Meyer (Eds), *Contribution of Working group Climate change 2007: Mitigation of climate change: Working group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp 497-540.

**Soane B. D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F. e Roger-Estrade J.** 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil & Tillage Research* 118: 66–87

**Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson A.** 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil & Tillage Research* 50, 115 – 125.

**Stolbovoy V., Montanarella L., Filippi N., Jones A., Gallego J and Grassi G.** 2007. Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the european union. Version 2. EUR 21576 EN/2 – DG Joint Research Centre, Institute for the Environment and Sustainability EUR - Scientific and Technical Research series; ISSN: 1018-5593 ISBN: 978-92-79-05379-5.

**Tabaglio V.** 2013. Gestione del suolo. Capitolo di libro in Pisante M. 2013. *Agricoltura sostenibile. Principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttivi per la*

salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica. *IlSole24Ore- Edagricole*, Bologna XIV (ISBN – 978-88-506-5411-6); 93-121.

**Tebrügge F., Düring R.A.** 1999. Reducing tillage intensity: a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*, 53:15-28.

**Triolo L., Mariani A., Tomarchio L.**, 1985. L'uso dell'energia nella produzione agricola vegetale in Italia: bilanci energetici e considerazioni metodologiche. Technical Report RT/FARE/84/12, ENEA, Roma, 115 pp.

**Tullberg J.N.** 1990. Why control field traffic? In proceedings of Queensland Department of Primary Industries Soil Compaction Workshop Toowoomba Australia, 41-42.

**UNFCCC**, 2007. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its second session, held at Nairobi from 6 to 17 November 2006. FCCC/ KP/CMP/2006/10/Add.1 - 2 March 2007.

**Uri, N.D., Atwood, J.D., Sanabria, J.** 1998. The environmental benefits and costs of conservation tillage. *Sci. Total Environ.* 216, 13–32.

**Van Dijk, H.** 1982. Survey of Dutch soil organic matter research with regard to humification and degradation rates in arable land. In: *Land Use Seminar on Soil Degradation* (eds D. Boels, D.B. Davies & A.E. Johnston), Balkema, Rotterdam, pp. 133-143.

**Van den Putte A., Goversa G., Dielsa J., Gillijns K. e Demuzerea M.** 2010. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *Europ. J. Agronomy* 33: 231–241.

**Velders G. J. M., Andersen S. O., Daniel J. S., Fahey D. W., McFarland M.** 2007. The importance of the Montreal Protocol in protecting climate, 2007. Ed. by William C. Clark, Harvard University, Cambridge.

**Waddell, J.T., Weil, R.R.** 2006. Effects of fertilizer placement on solute leaching under ridge tillage and no tillage, *Soil & Tillage Research* 90:194–204.

**West O.T., Post W.M.** 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal* 66, 1930-1946.

**Zdruli P., Jones R.J.A., Montanarella L.** 2004. Organic Matter in the Soils of Southern Europe. European Soil Bureau Technical Report. EUR 21083 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 16 pp.