



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Agronomia Alimenti Risorse naturali
Animali e Ambiente**

Tesi di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie

**Agricoltura Conservativa: valutazione benefici, criticità ed
utilizzi in un'ottica futura**

Relatore

Prof. Ilaria Piccoli

Correlatore

Dott.ssa Florencia Maria Ribero

Laureando:

Corradin Giovanni Maria

Matricola n. 1194643

Anno accademico 2021/2022

INDICE

INDICE	3
RIASSUNTO	6
ABSTRACT	7
1.INTRODUZIONE	9
1.2.CONCETTO DI SOSTENIBILITA'	10
1.3.PRATICHE CONSERVATIVE	10
1.3.1.Diffusione dell'agricoltura conservativa nel mondo	12
1.3.3.Integrazione in Italia	14
2.PRATICHE DI SEMINA	15
2.1. Semina su sodo e No Tillage	16
2.2. Minimum tillage (minima lavorazione)	16
2.3. Ridge Till (lavorazione a porche permanenti)	17
2.4. Strip tillage	17
3.I VANTAGGI DELL'AGRICOLTURA CONSERVATIVA	18
3.1. EROSIONE DEL SUOLO	18
3.2.UMIDITA' E TEMPERATURA DEL SUOLO	19
3.3.STOCK CARBONIO ORGANICO NEL SUOLO	21
3.3.1.Lo stato di Equilibrio	24
3.3.2.Analisi dei dati	25
3.4.GLI STOCK ORGANICI E LA LORO INFLUENZA SUL TERRENO	26
3.4.1.L'effetto sul pH	28
3.4.2.La capacità di scambio cationico	29
4.GLI ASPETTI NEGATIVI DELLE PRATICHE CONSERVATIVE	30
4.1. IL CAMBIO DI MENTALITA'	30
4.2.PERIODO DI TRANSIZIONE E GLI EFFETTI SULLA PRODUZIONE	31

4.3.LA QUESTIONE DEGLI ERBICIDI	32
4.4.FERTILIZZAZIONE	33
5.COVER CROPS	34
5.1.CRITERI DI SCELTA	35
5.2.FABACEE	36
5.2.1.Trifoglio (<i>Trifolium repens</i> (L.))	37
5.2.2.Veccia (<i>Vicia sativa</i> (L.))	38
5.2.3.Pisello Foraggero (<i>Pisium sativum</i> (L.))	39
5.3.POACEE	39
5.3.1.Gli effetti allelopatici della segale	40
5.4.BRASSICACEE	41
5.4.1.Colza	42
5.4.2.Rafano	42
5.4.3.Senape	43
5.5.CONTROLLO PARASSITARIO DELLE BRASSICACEAE	44
5.6.EFFETTI SULLA STRUTTURA DEL TERRENO	44
5.7.RIMOZIONE DELLE COVER CROPS	46
6.CONCLUSIONI	48
8.SITOGRAFIA	52

RIASSUNTO

Nel corso degli ultimi cinquanta anni il settore agricolo ha subito forti cambiamenti. L'evoluzione in ambito tecnologico e chimico ha portato ad un maggior sfruttamento del suolo ed un maggiore rilascio di sostanze dannose a livello ambientale. Per questo, sono sempre più richieste tecniche mirate alla sostenibilità che possano in qualche modo, oltre che salvaguardare il territorio, portare un vantaggio a livello economico. Al giorno d'oggi vi sono molte vie da percorrere per poter applicare sostenibilità in agricoltura, e tra le più interessanti troviamo le tecniche conservative. Queste ultime mirano, attraverso la non lavorazione del terreno e la costante copertura vegetale, alla conservazione del suolo ed all'aumento della biodiversità.

La tesi, attraverso l'analisi di varie sperimentazioni ed il confronto di dati relativi a pratiche di gestione convenzionale e conservative, cercherà di valutare i principali punti di forza e le varie problematiche di rilievo. Per quanto riguarda i benefici, si analizzeranno dati in merito alle capacità delle pratiche conservative atte a diminuire i fenomeni erosivi, innalzare il contenuto volumetrico di acqua e di carbonio organico valutando come quest'ultimi influiscano sul terreno. Successivamente, si metteranno in risalto i punti negativi nell'adozione delle pratiche così da performare un quadro più completo possibile, utile a concepire la reale valenza di utilizzo in un prossimo futuro. La tesi chiuderà con un approfondimento sulla scelta e le capacità annesse all'utilizzo delle colture di copertura nei nostri territori.

ABSTRACT

Over the last fifty years, the agricultural sector has undergone major changes. The evolution in the technological and chemical field has led to greater exploitation of the soil and a greater release of harmful substances at an environmental level. For this reason, there are more and more technical demands aimed at sustainability that can in some way, in addition to safeguarding the territory, bring an economic advantage. Nowadays there are many ways to go to be able to apply sustainability in agriculture, and among the most interesting ones we find conservation techniques. The latter aim, through the non-tillage of the soil and the constant soil covering, to conservation of the soil and increase of biodiversity. The thesis, through the analysis of various experiments and the comparison of data relating to conventional and conservation management practices, will try to evaluate the main strengths and drawbacks of the technique. As for the benefits, we will analyze data on the ability of conservation practices to decrease erosive phenomena, and raise the volumetric content of water and organic carbon by evaluating how the latter affects the soil. Subsequently, the negative points in the adoption of the practices will be highlighted to perform a picture as complete as possible, useful to conceive the real value of use in the near future. The thesis will close with an in-depth study on the choice and skills related to the use of cover crops in our territories.

1. INTRODUZIONE

L'agricoltura moderna ha vissuto una significativa crescita in termini di produttività, la quale ha portato ad una maggiore disponibilità alimentare per un numero sempre più elevato di persone. Tuttavia, l'intensificazione colturale ha reso il comparto agricolo uno dei principali responsabili dell'inquinamento ambientale, attraverso: (European Environment Agency, 2015):

- Emissioni in atmosfera: dovuto all'uso di combustibili fossili, utilizzati per la lavorazione e il movimento delle macchine agricole. Si stima che il settore sia responsabile del 27.5% delle emissioni totali di gas serra, ed è pertanto la terza fonte di emissioni dopo il settore energetico e quello industriale. Le molecole più rilevanti comprendono sia i gas ad effetto serra (CO₂, ossidi di azoto, etc.) sia polveri sottili (PM₁₀, PM₂₅ etc.);
- Immissione nell'ambiente di sostanze fitotossiche: dovute all'utilizzo, spesso improprio ed eccessivo, di prodotti fitosanitari. La maggior parte di essi (63,5%) vengono perlopiù utilizzati nelle regioni settentrionali del nostro paese, ovvero Veneto, Emilia-Romagna, Lombardia e Piemonte;
- Uso massiccio dei fertilizzanti, in particolare composti azotati: da alcune visure eseguite nel 2015 emerge che sono stati immessi in commercio circa quattro milioni di tonnellate, che comprendono, a loro volta, sostanza organica di vario tipo e concimi azotati, la maggior parte di essi distribuiti nelle zone settentrionali della penisola. I fertilizzanti azotati e fosfatici possono essere causa di inquinamento delle acque e altri fenomeni associati come l'eutrofizzazione. (European Environment Agency, 2015)

L'agricoltura moderna è concausa dell'inquinamento ambientale ma, allo stesso tempo, ne è anche vittima, poiché i cambiamenti climatici stanno rendendo sempre più difficoltosa la coltivazione delle colture, andando a diminuire le loro rese per mancanza d'acqua, desertificazione e aumento delle temperature. D'altro canto, però, l'intensificazione delle pratiche agricole ha dato anche la possibilità di sfamare un numero sempre più crescente

di persone: si stima che entro il 2050 la popolazione mondiale possa raggiungere i 9 miliardi, e in futuro è possibile che a causa dell'incremento della domanda alimentare, l'agricoltura non potrà più soddisfare adeguatamente tale richiesta (Pisante M., 2013). Si rende necessario riconoscere i punti di forza e le debolezze dell'attuale sistema di produzione agroalimentare, che richiede modifiche urgenti allo scopo di affrontare in modo adeguato le problematiche future.

1.2. CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Il concetto di sostenibilità risale al 17°-18° secolo e si sviluppa in Europa attraverso dibattiti sul rapporto tra la crescita della popolazione e l'approvvigionamento alimentare. Alcuni autori nel corso del tempo individuarono l'agricoltura sostenibile come un insieme di metodologie volte a garantire la qualità alimentare e la salvaguardia ambientale (Sun et al., 2020). Tale tecnica non fa riferimento ad un preciso insieme di lavorazioni e non è neppure identificabile sotto un'unica tipologia di sistema, viceversa essa mira al mantenimento della vocazione agronomica del suolo, in modo da ottenere vantaggi economici derivanti dagli incrementi produttivi, prestando attenzione alla salvaguardia e allo sviluppo della biodiversità. L'agricoltura sostenibile si fonda su quattro principi generali adeguati alle tecnologie disponibili nel corso del tempo (Pisante M., 2013):

- 1) Uso prudente delle risorse rinnovabili o riciclabili;
- 2) Protezione dell'integrità dei sistemi naturali;
- 3) Miglioramento della qualità di vita degli individui e delle comunità;
- 4) Remunerazione economica, dando importanza agli incentivi rivolti a tutti gli attori della filiera agroalimentare.

1.3. PRATICHE CONSERVATIVE

Esistono varie modalità per applicare sostenibilità in agricoltura: l'agricoltura integrata, la quale combina le pratiche convenzionali con quelle biologiche e prevede un ricorso minimo ai mezzi tecnici. Un'altra tipologia di gestione sostenibile riguarda l'agricoltura conservativa, o agricoltura blu, un innovativo sistema integrato di gestione delle pratiche agricole mirato alla sostenibilità della produzione di alimenti attraverso la conservazione del suolo, dell'acqua e dell'energia. (Pisante M., 2013).

Le pratiche conservative si basano su tre pilastri fondamentali (Giller et al., 2015):

- Minimo disturbo del suolo, che include il mancato mescolamento degli strati del terreno e la semina diretta (semina su sodo, strip tillage);
- Copertura organica permanente del terreno fatta con residui colturali delle colture precedenti oppure con colture di copertura;
- Rotazione colturale diversificata, da eseguire avvalendosi di buone conoscenze tecniche.

La pratica conservativa si basa sul completo abbandono di gran parte delle lavorazioni meccaniche che smuovono, mescolano e rompono lo strato superficiale del suolo (Govaerts et al., 2009).

Più frequentemente il suolo viene arato, più velocemente perde sostanza organica (SOM), elemento cruciale per l'attività microbiologica che essa supporta. Non appena la concentrazione di SOM scende, i suoli tendono a compattarsi e ad essere meno porosi, perdendo pian piano la capacità di ritenzione idrica (Derpsch et al., 2008). La perdita di sostanza organica nel suolo associata all'agricoltura industriale o intensiva ha comportato un calo dal 5 al 2%, persino sotto l'1%, condizione che ormai interessa anche i nostri territori. Tale fenomeno è associato a gravi fenomeni erosivi, causati dagli agenti climatici e dalla costante movimentazione del terreno. A livello climatico vi sono due tipi di erosione che interessano gli areali mediterranei, quella idrica e quella eolica. In Italia si stima vengano perse circa 8,3 tonnellate di suolo/Ha/anno per la prima tipologia, mentre per la seconda comprende circa il 10% della totalità delle superfici (Carretta et al., 2021). Degrado strutturale, perdita di sostanza organica, erosione e riduzione della biodiversità sono tutti aspetti favoriti dalle lavorazioni convenzionali. Un'inversione di questa tendenza si rende necessaria per restituire al suolo la sua funzione primaria, ovvero quello di nutrire le piante in un ciclo di "auto-sostentamento". L'agricoltura conservativa è una metodologia relativamente recente, che in molti ambienti può contribuire ad incrementare il reddito degli agricoltori, consentendo la sostenibilità delle produzioni e apportando diversi benefici ambientali e sociali (Rinaldi M., Troccoli A., 2013).

1.3.1. Diffusione dell'agricoltura conservativa nel mondo

Nel mondo le pratiche conservative vengono applicate su più di 157 milioni di ettari, prevalentemente nel continente americano (Tabella 1). In Italia, attraverso un censimento condotto nel 2010, si evidenziò che nel nostro paese l'agricoltura conservativa fosse adottata da oltre 52.000 aziende per un totale di 180.000 ettari. Secondo stime aggiornate dalla FAO le superfici condotte al di sotto di tali pratiche sono più che raddoppiate (380.000 ha), portando così il nostro paese al quarto posto dopo Russia, Spagna e Ucraina per superficie investita (Rinaldi M., Troccoli A., 2013).

Tabella 1: Ettari coltivati nel mondo a pratiche conservative. (Rinaldi M., Troccoli A., 2013).

Paese	ettari	% Del totale
USA	35.613.000	22,7
Brasile	31.811.000	20,3
Argentina	29.181.000	18,6
Canada	18.313.000	11,17
Cina	6.670.000	4,2
Russia	4.500.000	2,9
Paraguay	3.000.000	1,9
India	1.500.000	1,0
Uruguay	1.072.000	0,7
Spagna	792.000	0,5
Ucraina	700.000	0,4
Italia	380.000	0,2
Altri	3.058.058	1,9
Totale	156.991.058	

A livello nazionale le regioni con le maggiori superfici interessate sono Emilia-Romagna, Umbria, Toscana, Lombardia e Marche.

1.3.2. Storia

La tecnica di minima lavorazione ha radici antiche: le culture indigene ne facevano un largo utilizzo per la coltivazione al fine di diminuire lo sforzo fisico. Nell'agricoltura moderna, la coltivazione conservativa ha cominciato a prendere piede dopo l'avvento dei primi erbicidi (Derpsch et al., 2009)

I primi veri accenni alle pratiche conservative sono stati riscontrati nel Nordamerica: dopo il primo dopoguerra, negli Stati Uniti il livello demografico aumentò notevolmente, ciò spinse gli agricoltori a incrementare le loro produzioni al fine di supportare la sempre più elevata domanda alimentare.

Il terreno fertile presente negli areali delle grandi pianure fu esposto a continue lavorazioni, che comportarono la scomparsa della vegetazione dai campi, la quale ne garantiva un corretto rifornimento idrico. Tutto ciò, aggiunto alla mancanza di una corretta rotazione colturale, fece sì che durante i periodi siccitosi il suolo assunse una consistenza più polverosa, la quale, sostenuta dal vento, formò vere e proprie nuvole nere (Figura 1). La catastrofe definita come "*Dust blow*" (conca di polvere), colpì gran parte delle regioni centrali degli Stati Uniti e il Canada tra il 1931 e il 1939, provocando una vera e propria crisi umanitaria. Successivamente, attraverso gli sforzi di Hug Hammond Bennet, in aiuto degli agricoltori vennero implementate tecniche mirate alla protezione e alla conservazione del suolo, in modo da evitare ulteriori problematiche dovute al suo sfruttamento. (National Geographic, Dust Blow, la natura in rivolta negli Stati Uniti, 2021).



Figura 1: Il fenomeno del Dust Blow (National Geographic, 2021).

A livello tecnico, la prima vera e propria applicazione delle pratiche conservative si riscontra nel Sudamerica, dove l'agricoltura costituisce la principale attività economica. Già nel 1971, in Brasile, presso l'istituto di ricerca IPEAME, furono attuati i primi esperimenti di non lavorazione del terreno; da lì ci sono voluti quasi vent'anni per arrivare al primo milione di ettari, poi attraverso un progressivo sviluppo tecnologico si raggiunsero 25 milioni di ettari tra il 2005/2006. (Derpsch et al, 2009).

In Argentina, durante i primi anni 70', alcuni agricoltori tentarono di applicare le pratiche nei loro territori, scelta abbandonata poco dopo a causa dello scarso progresso tecnologico e della mancanza di conoscenze adeguate. Solamente nel 1986, in seguito alla fondazione dell'Associazione Argentina degli Agricoltori No-till (AAPRESID), conoscenze e mezzi tecnici furono implementati, portando così ad un aumento sostanziale della superficie coltivata mediante pratiche conservative. Secondo uno studio condotto nel 2008 dall'associazione argentina già nel 2006 si contavano all'incirca 19,7 milioni di ettari con tali pratiche, quasi il 70% di tutte le terre coltivate nel Paese. Attualmente, in Sudamerica le pratiche di minima lavorazione vengono largamente applicate anche in Paesi come Cile, Bolivia, Venezuela e Paraguay (Derpsch et al., n.d.).

1.3.3. Integrazione in Italia

In Italia l'agricoltura conservativa fu integrata nel paese attraverso il "Programma di Sviluppo Rurale" nelle annate 2007-2013 ed in un secondo momento nel 2014-2020, e approvato dalla commissione europea il 26 maggio 2015. Grazie al quale venne presentata la "linea di intervento 10", che intende sviluppare sia le tecniche di non lavorazione (no-tillage) che di minima lavorazione (minimum-tillage) (Marandola, 2020).

Gli obiettivi della linea di intervento sono i seguenti:

- salvaguardia della struttura del terreno grazie alle lavorazioni ridotte;
- uso di avvicendamenti e mantenimento della copertura vegetale, al fine di aumentare lo stock di carbonio organico e aumentare la quantità di acqua che si infiltra nel terreno.

L'adozione di tali pratiche richiede l'obbligo di compilazione del registro via web, e i pagamenti vengono rilasciati sia per l'implementazione che per il mantenimento del metodo, il quale deve avere una durata di almeno 5 anni nelle superfici coltivate indicate nella domanda (Tabella 1.2). (Marandola, 2020).

Coloro che possono beneficiare del programma sono gli agricoltori, le associazioni, e gli enti pubblici che conducono aziende agricole.

È necessario che la superficie coltivata rispetti i seguenti requisiti:

- ubicazione in pianura o collina;
- La superficie seminativa deve essere pari al 25% di quella totale;
- Se l'attività agricola viene condotta con metodi no-tillage la superficie coltivata deve estendersi per almeno un ettaro;

Oltre a rispettare tali requisiti, si rende necessario:

- rispettare i requisiti minimi di condizionalità stabiliti dai regolamenti europei;
- rispettare i requisiti minimi per l'uso dei fertilizzanti e di prodotti fitosanitari (regolati dalla norma di riferimento).

Tabella 1.2: pagamenti Misura 10 (Marandola, 2020).

Metodo adottato	Introduzione	Mantenimento
No-tillage	600 euro / Ha	530 euro / Ha
Minimum-tillage	325 euro / Ha	371ro / Ha

2. PRATICHE DI SEMINA

L'agricoltura conservativa si distingue dalle altre tecniche di lavorazione del suolo per la riduzione del numero di lavorazioni colturali che possono danneggiare il terreno coltivato. Le uniche operazioni previste sono rappresentate essenzialmente dalla raccolta e dalla semina, solitamente eseguita su sodo. Le lavorazioni effettuate dopo la deposizione del seme possono assumere diverse modalità, che concordano a rifinire un determinato tipo di agricoltura conservativa. Occorre ricordare che con il termine "till" si intende l'abbreviazione della parola "tillage" ovvero la lavorazione del terreno.

2.1. Semina su sodo e No Tillage

La semina su sodo è una tecnica alternativa di lavorazione del terreno, adottata per molte coltivazioni soprattutto per cereali macro e microtermi e colture foraggere. I semi vengono depositi nel terreno in un unico passaggio, con seminatrici specificamente progettate per poter operare su suoli in cui non è stata effettuata alcuna lavorazione preliminare o con presenza di residui in superficie.

Dal punto di vista ambientale la semina su sodo presenta alcuni aspetti favorevoli che potrebbero rivelarsi decisivi per la sostenibilità dell'agricoltura: la drastica riduzione dei passaggi in campo ha come diretta conseguenza il contenimento delle emissioni di CO₂ e protossido di azoto (Cavalchini et al., 2013).

Da alcune sperimentazioni condotte tra il 2011-2012 nel comune di Pavia, si è rilevato che rispetto alle lavorazioni tradizionali la semina su sodo ha permesso un consumo di carburante inferiore di circa 58 kg/ha per mais e di 55 kg/ha per erba medica (Figura 2) (Cavalchini et al., 2013).

Per No tillage invece, ci si riferisce ad una tecnica di gestione nella quale si mira ad eliminare tutte le lavorazioni atte al rimescolamento del terreno, imponendo una copertura vegetale costante e favorendo inoltre la semina su sodo, eseguita sui residui della coltura precedente. Questo tipo di pratica è quella che più si avvicina all'ideale conservativo, e richiede conoscenze agronomiche avanzate. Il No till di fatto, non può essere una scelta gestionale da applicare una volta sola, ma si regge su un'adozione permanente al fine di raggiungere un nuovo equilibrio fisico e chimico fra gli elementi all'interno del terreno. (Pisante M., 2013)

2.2. Minimum tillage (minima lavorazione)

Si tratta di una pratica che prevede un lieve disturbo del suolo attraverso lavorazioni eseguite ad una profondità massima di 5-10 cm, essenziali per ottenere dopo un unico passaggio un letto di semina sufficientemente lavorato, oltre ad un mantenimento di residui colturali sulla superficie.(Cavalchini et al., 2013) In Italia il termine viene spesso usato ed applicato in maniera molto generica, in riferimento a tecniche di lavorazione piuttosto invasive sempre però in misura minore rispetto all'aratura convenzionale. In questi casi però si dovrebbe quindi parlare di "reduced tillage". (Pisante M., 2013)

Figura 2: Comparazione consumi di carburante fra le varie tipologie di semina. Da sinistra: Minimum tillage, semina su sodo, semina tradizionale.(Cavalchini et al., 2013)

Oil consumption kg /ha	Minimum tillage	Sod seeding	Traditional plowing
Corn	35.43 ^A	4.27 ^B	61.47 ^C
Alfalfa	50.96 ^A	6.74 ^B	61.20 ^C

2.3. Ridge Till (lavorazione a porche permanenti)

Si tratta di un sistema proposto prevalentemente per la lavorazione delle colture sarchiate, come ad esempio il mais (*Zea mays* L.). Essa prevede che le lavorazioni, compresa la semina, vengano effettuate limitatamente all'interno di una fascia posta sul solco della rincalzatura dell'anno precedente (Figura 2.1). Ciò consente di conservare il 50 - 65 % dei residui dell'annata appena trascorsa e di superare i vincoli del ristagno idrico immagazzinando acqua nei solchi per i periodi di scarsa piovosità (Gomiero, 2019).



Figura 2.1: Solchi caratteristici del Ridge Till.

2.4. Strip tillage

Tecnica conosciuta anche con il termine di “lavorazione a bande”. Si tratta di una pratica in cui le colture vengono fatte crescere su strette bande di terreno di una larghezza massima di 15 cm e distanti tra di loro 50-70 cm a seconda del tipo di pianta coltivata.

A seconda del sesto d'impianto e della tipologia di seminatrice scelta si può passare dal 70-90% di superficie disturbata fino ad un 30-40%. (Carter, MR., 2005).

Tramite la lavorazione a bande si possono ottenere numerosi vantaggi sia economici che agronomici: si ha una netta riduzione delle ore di lavoro correlato ad un minor uso di carburante, maggior efficacia di fertilizzanti ed erbicidi ed una buona riduzione del compattamento del suolo.¹

3. I VANTAGGI DELL'AGRICOLTURA CONSERVATIVA

Le pratiche più rilevanti sono quelle descritte con il nome "No-tillage". Queste ultime possono apportare diversi effetti benefici al terreno, che verranno descritti di seguito.

3.1. EROSIONE DEL SUOLO

Come già esposto in precedenza, la problematica dell'erosione è un aspetto che interessa sempre di più gli appezzamenti di terreno gestiti attraverso pratiche convenzionali. I tassi di erosione dei campi agricoli coltivati convenzionalmente sono in media pari a 1-2 ordini di grandezza maggiori rispetto all'erosione che si manifesta sotto vegetazione autoctona (Montgomery, 2007).

Le norme conservative impongono una copertura pari o maggiore del 30 % rispetto alla superficie totale del terreno. Ciò comporta una riduzione dell'erodibilità per via della presenza di vegetazione, che contrasta il deflusso superficiale dell'acqua e l'azione battente delle piogge. Si pensi che, dopo 24 anni di zero lavorazione, attraverso la ritenzione delle stoppie si sono ridotti significativamente i rischi di problematiche alla struttura del terreno ottenendo una maggiore stabilità degli aggregati oltre ad un aumento della macro-porosità nella zona superficiale del terreno (Giller et al., 2015). L'uso delle colture di copertura durante il periodo autunno-vernino, infatti, può apportare al terreno molteplici vantaggi: il loro apparato radicale permette di migliorare la stabilità strutturale, con conseguente miglioramento delle caratteristiche qualitative del terreno, permettendo di ottenere una forma più omogenea dei pori, favorendo l'infiltrazione dell'acqua ed un maggior ricircolo

d'aria, garantendo così un habitat ottimale per la crescita delle colture successive (Bechini e Gallina, 2020).

Al fine di stimare le differenze dei tassi di erosione tra terreni coltivati sia con pratiche convenzionali che conservative, Shuller et. al. nel 1996 osservarono le misurazioni del cesio 137 presente all'interno di un appezzamento preso in esame. Attraverso la variazione delle concentrazioni, stimarono che a seguito dell'implementazione delle pratiche, il tasso di erosione risultò minore di circa l'87%. (Pittelkow et al., 2015)

3.2. UMIDITA' E TEMPERATURA DEL SUOLO

3.2.1. Umidità del suolo

La disponibilità d'acqua è uno dei punti cardine ai fini della coltivazione. Le pratiche conservative attraverso il mantenimento dei residui e la copertura costante risultano benefiche nei confronti del terreno garantendo una struttura permeabile, capace di immagazzinare più acqua al suo interno (Derpsch et al., n.d.).

In termini di conservazione della risorsa idrica il no tillage ha riscontrato numerosi pareri positivi, i quali però tendono a realizzarsi maggiormente in areali caratterizzati da temperature più elevate e con bassa disponibilità d'acqua (Derpsch et al., 2008). Sono stati presi in considerazione due esperimenti in areali climatici diversi al fine di confermare quanto sopradescritto. In entrambi i casi la rotazione colturale prevedeva coltivazioni simili (Tabella 2):

Tabella 2: Descrizione del clima e delle rotazioni colturali nelle sperimentazioni

Areale di sperimentazione	Clima	Rotazione colturale	Tipo di semina
Argentina regione di Pampeana	Sub tropicale umido	-Frumento Duro e Tenero (<i>Triticum durum / aestivum</i>) – Girasole (<i>Heliantus annus</i>) Mais – Veccia (<i>Vicia sativa</i> L.) / Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	Sodo, su residui colturali della coltura precedente
Belgio, provincia di Huldenberg	Atlantico oceanico	Mais – Grano tenero/duro Barbabietola (<i>Beta vulgaris</i> L.) – Avena / Veccia Frumento- senape (<i>Sinapis alba</i> L.)	Sodo, su residui colturali della coltura precedente

Nello studio condotto in Argentina ove erano state messe a confronto le lavorazioni convenzionali con quelle conservative, nelle prime la copertura vegetale continua ha comportato la riduzione delle perdite d'acqua per evaporazione e deflusso superficiale durante i periodi piovosi, stoccandola all'interno del terreno rendendola così disponibile durante i periodi critici di semina e fioritura. Inoltre, secondo le varie misurazioni effettuate, la media del contenuto in acqua nel suolo durante tutto il periodo sperimentale è stata significativamente più alta sotto semina diretta rispetto alla lavorazione con aratura nello strato da 0 a 60 cm (Bono, 2010).

Il secondo esperimento fu condotto in Belgio. Lo studio presentava come obiettivo quello di valutare l'effetto dell'agricoltura conservativa nello strato superficiale del terreno (0.15-0.2m) e in profondità (0,3-0,5m).

Gli studi condotti tra il 2008 e il 2010 analizzarono l'effetto delle pratiche di minima lavorazione prendendo in considerazione il contenuto di acqua, la resistenza alla penetrazione, la densità apparente e contenuto di carbonio organico nel suolo, osservando contemporaneamente anche l'effetto sulla crescita delle colture. Durò pochi anni, tuttavia l'appezzamento dove furono messe in atto le sperimentazioni aveva già abbracciato le pratiche dal 2005. Durante il periodo il calcolo del contenuto volumetrico in acqua fu eseguito con un TDR (Time Domain Refrattrometry) installato dopo la semina delle colture. Le misurazioni vennero eseguite ogni ora a determinati stadi di profondità (di 0-0,3, 0,3-0,6m). Il sistema veniva poi rimosso poco prima del raccolto (Van den Putte et al., 2012).

La quantità di acqua all'interno del suolo presentò valori simili tra le due pratiche gestionali, ma ad un livello di profondità maggiore il contenuto aumentava nei terreni a regime conservativo. Tuttavia, nonostante le differenze poco significative, lo studio sostiene che in assenza di dati prelevati nel lungo periodo non è possibile osservare un reale incremento della disponibilità idrica in uno dei due tipi di pratica. In conclusione, l'agricoltura conservativa può offrire un piccolo vantaggio nelle annate più siccitose, in quanto è in grado di trattenere una percentuale di umidità più o meno costante all'interno del suolo (Van den Putte et al., 2012).

3.2.2. Temperatura del suolo

La quantità di residui presenti nel terreno influenza la temperatura del suolo. Lo strato pacciamante isola il terreno dalla radiazione termica, impedendo il riscaldamento del terreno. Se la temperatura del suolo è più bassa, specialmente in areali di coltivazione più freschi, si potrebbe verificare una minor crescita delle colture. Viceversa, nelle zone caratterizzate da climi più caldi un raffreddamento della superficie del suolo mantiene un livello di umidità stabile diminuendo così fenomeni legati allo stress idrico durante le prime fasi di crescita (Simmons & Nafziger, 2014).

In uno studio condotto nel 2001, attraverso il confronto tra pratiche tradizionali e conservative, le temperature del suolo risultarono inferiori di circa 2-7 °C durante il giorno nelle pratiche di non lavorazione. Nelle ore notturne invece, l'effetto isolante garantì temperature più elevate rispetto alle pratiche convenzionali, evidenziando quindi una minor ampiezza di variazione termica nei terreni sottoposti a copertura continua. (Verhulst et al., 2010)

3.3.STOCK CARBONIO ORGANICO NEL SUOLO

L'agricoltura conservativa si pone come pratica utile al mantenimento ed incremento del carbonio organico nel terreno. La sostanza organica definita come SOM è un importante indicatore di fertilità e produttività (Giller et al., 2015). Le dinamiche del SOM sono fortemente influenzate dalle pratiche agricole come la lavorazione del terreno, la pacciamatura, la rimozione dei residui culturali e l'applicazione di fertilizzanti organici o di sintesi chimica (Govaerts et al., 2009).

È noto come la rimozione dei residui accelera il consumo del carbonio organico nel suolo, fenomeno associabile ad una gestione convenzionale. Quest'ultima, a differenza della conservativa, induce una rapida mineralizzazione di SOM ed una potenziale perdita di carbonio e azoto causata dall'esposizione ai vari agenti climatici (Govaerts et al., 2009).

Un'analisi globale di 67 esperimenti a lungo termine ha indicato che in media il passaggio da pratiche convenzionali a quelle no till può comportare un sequestro di carbonio organico pari a $57 \pm 14 \text{ Mg/ C / (m}^2 \text{ anno)}$ in più, con tassi di sequestro che raggiungono il picco entro i 5- 10 anni dalla conversione (Chivenge et al., 2007). Tuttavia, sono le caratteristiche del terreno che veramente influiscono sull'adattabilità delle pratiche (Tabella 2.1). (Derpsch et al., 2008). I criteri di massima utilizzati per stabilirne le probabilità di

successo sono conosciuti da tempo, così come la diversa velocità di risposta nel raggiungere uno stato di equilibrio produttivo.

TAB. 2.1: Classi di probabilità di successo della semina diretta (Wilkinson, 1975).

Classe	Caratteristiche
Alta	<ul style="list-style-type: none"> -Ottima uniformità del terreno; -Buone capacità autostrutturanti del suolo; -Resistenza al compattamento; -elevata porosità; -intensa attività biologica; -Elevata infiltrazione e buon drenaggio.
Moderata	<ul style="list-style-type: none"> -Discrete proprietà autostrutturanti del suolo; -stretto intorno di tempera; -Ristagni in zone depresse nei periodi piovosi; -Limitate interferenze dello scheletro; -Pendenza moderata; -Problemi biologici saltuari solo in casi specifici.
Bassa	<ul style="list-style-type: none"> -Elevata variabilità del terreno; -Assenza di proprietà autostrutturanti, instabilità strutturale; -Eccessivo contenuto in scheletro; -pendenza elevata; -rischio elevato di problemi biologici; -bassa infiltrazione e lento drenaggio.

Dalla tabella 2.1 si può notare come un terreno capace di esprimere una buona parte dei caratteri indicati come favorevoli, manifesterà tempistiche di adattamento più rapide rispetto alle classi sottostanti. I terreni più vocati spesso sono posti in zone pianeggianti dalla superficie uniforme, e dotati di una buona percentuale di sostanza organica in equilibrio con i materiali colloidali minerali, ovvero la quantità di particelle di argilla presenti.

Difatti, la granulometria è un fattore importante nell'adattamento delle pratiche conservative. È stato riportato che i terreni argillosi si prestano più di tutti alle pratiche di non lavorazione grazie alla loro stabile aggregazione tra le particelle, che consente di organizzare una struttura alveolare con un'ottima ripartizione fra vani pieni e vuoti, garantendo le migliori condizioni di abitabilità per le piante. (Pisante M.,2013) . Sono stati ottenuti buoni risultati anche nei confronti di terreni a medio impasto. L'immobilizzazione del carbonio è fortemente correlata alla disponibilità di micro siti in relazione ai microrganismi del suolo. L'aggregazione è quindi un processo dinamico e dipende da vari fattori come i microrganismi presenti nel suolo, la tipologia delle radici e la presenza di macro e micro-aggregati uniti tra loro da leganti temporanei (ife e radici) o transitori come polisaccaridi di origine microbica o vegetale (Figura 3). In assenza di copertura superficiale del terreno si può osservare una maggiore perdita di SOM nei suoli a tessitura grossolana rispetto a quelli a tessitura fine, per via dell'incidenza maggiore dei fenomeni erosivi. Il primo accumulo di carbonio si verifica nei macro-aggregati, i quali, in seguito alla rottura, vanno a ridistribuirlo all'interno di quelli più piccoli ($< 2 \mu\text{m}$) (Govaerts et al., 2009). Questi ultimi, dotati di un'elevata attività di scambio cationico dovuta alla presenza di cariche elettriche negative, possono stabilizzare chimicamente la sostanza organica nel terreno formando aggregati che verranno occlusi e protetti a loro interno (Chivenge et al., 2007). Rispetto ai terreni lavorati la porosità totale risulta comunque essere simile ma, al di sotto di pratiche conservative si nota un numero maggiore di pori più piccoli che garantiscono una stabilizzazione fisica del SOM maggiore rispetto a quelli di dimensioni intermedie (Veneto Agricoltura, 2019).

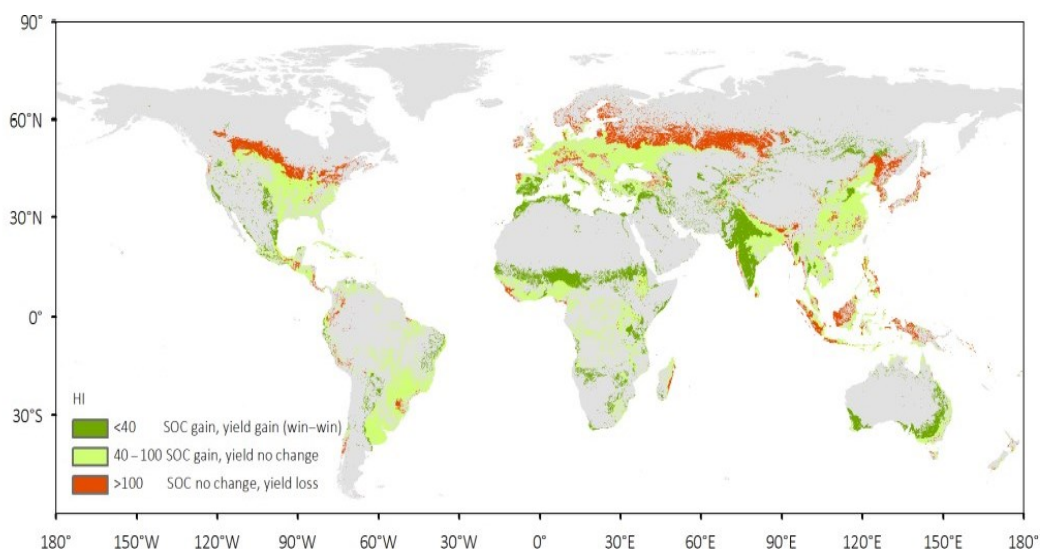


Figura 3: Modelli globali delle variazioni di carbonio organico nel suolo e nella resa delle colture, verde chiaro, verde scuro e rosso rappresentano i risultati ottenuti in merito all'adozione delle pratiche agricole conservative. (Sun et al., 2020).

3.3.1. Lo stato di Equilibrio

Un terreno condotto a regime conservativo manifesta un cosiddetto stato di equilibrio nel momento in cui gli stock di carbonio organico (SOC) e mineralizzabile si ridistribuiscono all'interno del suolo prendendo posizione negli orizzonti superficiali (Govaerts et al., 2009).

Il fenomeno dovrebbe avviarsi entro i primi 3-5 anni dall'implementazione delle nuove pratiche, ed è causato da due fattori principali, ovvero input organici esterni e rilascio dei residui colturali nella superficie del suolo. Il materiale vegetale non interrato inizia un processo di decomposizione favorito principalmente dall'attività microbica e dalle alte temperature; non essendo possibili lavorazioni di rimescolamento degli strati, i materiali decomposti non abbandoneranno mai gli orizzonti più elevati del suolo stando a profondità massime di circa 0.2-0.5 m (Mazzoncini et al., 2016). Man mano che il processo si ripete, il terreno comincerà a presentare le caratteristiche appena citate andando a perdere con il tempo le varie peculiarità tipiche di suoli a stampo convenzionale.

3.3.2. Analisi dei dati

Nello studio condotto nei suoli argentini citato precedentemente, il bilancio del carbonio risultava essere negativo sotto pratiche convenzionali; neutro invece con tecniche conservative tra inizio e fine del ciclo colturale (Bono, 2010). Occorre evidenziare che il risultato possa essere una conseguenza delle differenze nell'ingresso di carbonio tra i due sistemi. Gli input, sotto pratiche no till, risultavano essere superiori del 30% sfasando il bilancio. Nonostante ciò, durante il periodo di sperimentazione il terreno lavorato nel quale veniva inserito una dose di azoto/ha, ha perso in maniera più marcata carbonio mentre l'altro non ha subito alcun deterioramento (Bono, 2010). Da alcune sperimentazioni condotte nelle aziende di Veneto Agricoltura, un'agenzia veneta per l'innovazione del settore primario con sede principale nel complesso universitario di Agripolis, è emerso che i valori sostanza organica nel terreno hanno innalzato la loro concentrazione media di SOC in tutto il profilo (0-0.5 m) di circa l'1,1% nel 2011 all'1,5% nel 2017. La concentrazione è risultata correlata positivamente con il contenuto di argilla dei terreni, evidenziando la presenza di fenomeni di protezione fisica con la formazione di complessi organo-argillosi. (Veneto Agricoltura, 2019).

In una sperimentazione a lungo termine durata 28 anni e condotta presso il centro di ricerca dell'università di Pisa, sono state valutate le variazioni in merito al rapporto C/N e alle concentrazioni di SOC e STN (Soil Total Nitrogen). I valori di C/N non differirono di molto da quelli iniziali tra i due trattamenti, a causa della proporzionalità delle variazioni dei due elementi.

I contenuti di SOC e STN, invece, osservati nello strato di terreno 0-0.30cm furono significativamente più alti nei suoli coltivati tramite pratiche conservative (Figura 3.1). Nei primi 30 cm di profondità, l'applicazione del no till ha aumentato le scorte di SOC e STN del 22%, con un tasso di sequestro pari a 0.40 Mg C / (ha/anno) mentre al di sotto di pratiche convenzionali SOC ha cominciato a diminuire lentamente nei primi 10 anni di sperimentazione (-0.003 Mg/ ha anno), per poi incrementare la velocità di perdita nei 18 anni successivi (-0.006 mg/ha anno) (Mazzoncini et al., 2016).

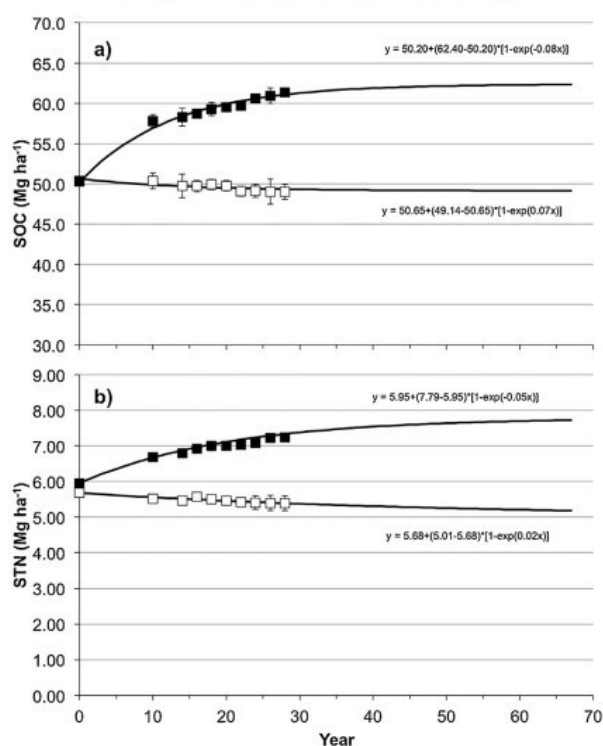


Figura 3.1: Analisi delle tendenze del contenuto di carbonio organico (SOC) nel suolo di 0-30 cm (a) e dell'azoto totale del suolo (STN) nello strato di suolo di 0-30 cm (b). I quadrati indicano, rispettivamente, il sistema di non lavorazione (NT) e il sistema di lavorazione convenzionale (CT). Le barre di errore rappresentano deviazione standard (Mazzoncini et al., 2016).

3.4. GLI STOCK ORGANICI E LA LORO INFLUENZA SUL TERRENO

Quando parliamo di stock di carbonio organico ci riferiamo al quantitativo di sostanza organica in un dato spessore di suolo espresso in Mg/ha. Essi possono essere misurati direttamente con campioni di suolo o dedotti in modo indiretto attraverso le emissioni di CO₂, quest'ultime calcolate attraverso l'equazione: CO₂ eq. = SOC-stock * 3 (Busari et al., 2015). La conoscenza del contenuto attuale di carbonio organico (nei suoli permette non solo di valutare il loro stato qualitativo, ma anche di stimare la quantità di CO₂ immagazzinata, importante ai fini di una potenziale mitigazione dei cambiamenti climatici. Le quantità di carbonio all'interno del terreno assumono distribuzioni variabili a seconda delle tecniche agronomiche adottate: nei suoli lavorati le concentrazioni di carbonio ri-

sultano essere abbastanza uniformi in tutto lo strato arabile, mentre sotto regimi conservativi tende a ridistribuirsi negli orizzonti più superficiali. In molti studi è stato confermato come l'evolversi del fenomeno porti ad avere valori di densità apparente sempre più elevati (Palm et al., 2014). Quest'ultima è un indicatore della capacità dell'acqua e dell'ossigeno di muoversi attraverso il suolo. Un terreno con alti valori risulterà particolarmente compatto andando ad ostacolare la crescita radicale, mentre negli ambienti urbani può anche impedire all'acqua di infiltrarsi nel terreno, determinando un aumento del deflusso e un deterioramento della qualità della risorsa idrica (Mazzoncini et al., 2016). Tali divergenze tra i due tipi di lavorazione, portano a sfasature nel calcolo del carbonio e occorrono quindi tecniche di stima adatte.

Le prime ricerche effettuate in materia furono eseguite verso la fine del 1980. Il quantitativo di carbonio organico, calcolato ad una profondità fissa, portò a conclusioni errate in quanto la densità di massa differiva di molto per lo stesso intervallo di profondità. Fu solo anni dopo che, grazie agli studi condotti da Ellert e Bettany (1955) si illustrò l'importanza di eseguire le misurazioni su una massa di suolo equivalente piuttosto che ad una profondità fissa, così da evitare nette sfasature di calcolo (Palm et al., 2014) (Figura 3.2).

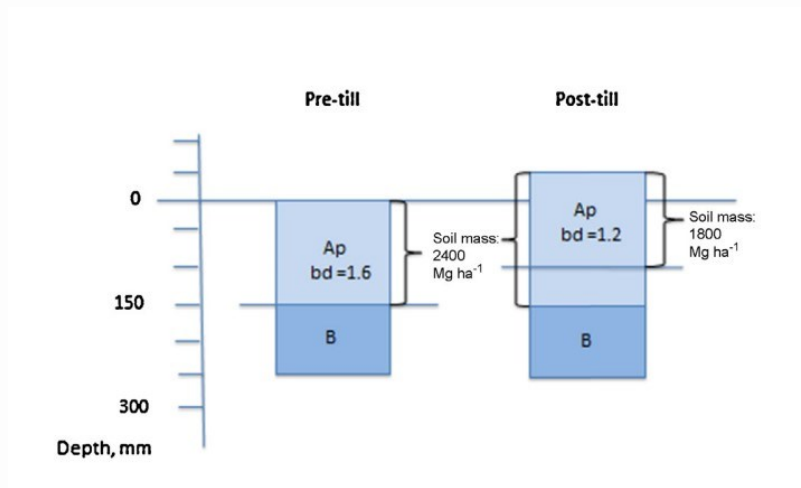


Figura 3.2: Differenze tra il campionamento di un terreno coltivato o non coltivato a una profondità fissa o a una base di massa del suolo equivalente (Palm et al., 2014).

Ad ogni modo, in molte ricerche viene riportato come nelle pratiche conservative si verifici un aumento significativo della resistenza alla penetrazione con conseguente problema per la crescita radicale, ostacolata dalla maggior opposizione che il terreno esercita. Ciononostante, anche se a livelli di compattamento maggiori, le radici riescono comunque a formarsi e a crescere in egual modo anche se con più difficoltà negli strati superficiali (Figura 3.3) (Veneto Agricoltura, 2019). Non è da escludere che la maggior forza richiesta per l'accrescimento ipogeo non si traduca poi in un minor sviluppo della pianta (Govaerts et al., 2009).



Figura 3.3: Plantula di mais schiacciata su suolo limoso (Veneto Agricoltura, 2019).

3.4.1. L'effetto sul pH

La maggior concentrazione di SOC sulla superficie del profilo nei sistemi conservativi è comunemente associata ad una maggiore acidità rispetto ai sistemi coltivati convenzionalmente. Il fenomeno è associato all'accumulo di residui vegetali ed acidi organici sulla superficie del suolo: i maggiori tassi di mineralizzazione dell'azoto, combinati quelli più elevati di essudazione radicale presenti in superficie, contribuiscono ad incrementare i livelli di acidificazione (Pittelkow et al., 2015).

L'entità di qualsiasi cambiamento nel pH viene definito da molteplici variabili quali: il potere tampone del terreno, il cambiamento nelle concentrazioni di SOM, il clima e la gestione delle concimazioni azotate. Ad esempio, in ambienti semi-aridi in assenza di applicazione di fertilizzanti e calce, i cambiamenti possono essere relativamente contenuti e variare da 0 a 0.1-0.3 unità di pH dopo più o meno 10 anni di gestione conservativa.

Tuttavia, nei sistemi in cui vi è una rotazione colturale caratterizzata da un'elevata presenza di leguminose e con apporti regolari di fertilizzanti minerali, i cali di pH tendono ad essere più incisivi. Nel Brasile meridionale cambiamenti di pH provocarono diminuzioni pari a 0.4-1.5 unità, con valori più elevati osservati nei trattamenti con rotazioni delle colture a base di leguminose concimate con azoto in forma minerale.(Page et al., 2020).

3.4.2. La capacità di scambio cationico

La capacità di scambio cationico (CSC) definisce il meccanismo con cui il suolo trattiene e mette a disposizione delle piante gli elementi nutritivi: misurando questa proprietà è possibile verificare la fertilità del terreno(Conitalo, 2019). Sebbene la CSC sia in gran parte una caratteristica intrinseca del suolo dipendente dalla mineralogia e dal contenuto di argilla, può essere influenzata dai cambiamenti di SOM e pH. L'incisività e la direzione dei cambiamenti sono variabili, con aumenti, diminuzioni e casi in cui non è presente alcuna variazione osservabile (Page et al., 2020). Il contenuto di materia organica sulla superficie provoca un incremento di cariche negative che possono aumentare la CSC del terreno. (Verhulst et al., 2010). Sono state riportati pareri discordanti in merito al valore della CSC: in alcune sperimentazioni nello strato tra 0-0.15 la CSC non presentava alcuna differenza significativa, viceversa in altri studi la ritenzione dei residui ha aumentato il valore nello strato tra 0 – 0,5 m rispetto ad appezzamenti in cui gli stocchi furono rimossi, ma non vi era alcuna differenza negli orizzonti più profondi (Verhulst et al., 2010).

4. GLI ASPETTI NEGATIVI DELLE PRATICHE CONSERVATIVE

Come ogni tecnica di lavorazione, anche l'agricoltura conservativa presenta diversi aspetti negativi che la caratterizzano. Vi sono alcune criticità da mettere in evidenza, fattori non ignorabili che vanno ad intaccare il corretto svolgimento delle pratiche conservative.

4.1. IL CAMBIO DI MENTALITÀ

Le pratiche di non lavorazione hanno effetti ampiamente positivi su suolo e ambiente (Giller et al., 2015). Il contenimento dell'erosione che facilita l'accumulo idrico ed incrementa la quantità di carbonio organico, risultano essere la miglior soluzione alla necessità di mantenere la risorsa suolo intatta per il prossimo futuro. La gestione conservativa, al di là della disponibilità di macchinari, erbicidi o fertilizzazioni, richiede conoscenze approfondite e padronanza in materia. Il vero ostacolo da superare non è tanto la disponibilità economica o l'esperienza in ambito agricolo, ma la capacità degli agricoltori di modificare la loro mentalità da un'ottica convenzionale ad una conservativa (VandenBygaart, 2016). L'agricoltura europea è una realtà in cui gli agricoltori, a differenza di molte altre parti del mondo, ricevono vari sostegni e contributi per molti fattori aziendali come, ad esempio, per le siepi, per la coltivazione di una specifica coltura o per il mantenimento della biodiversità etc.

Gli imprenditori agricoli, quindi, non sono incentivati nell'adottare nuove tecniche di coltivazione, poiché sono condizionati, oltre che dai vari sostegni, anche dalle rese che solo un'agricoltura convenzionale può garantire. I territori condotti con pratiche di minima lavorazione stanno aumentando nel continente europeo. Solo in Spagna, Francia ed Italia ve ne sono 530 mila ettari, un numero molto più contenuto se si pensa all'incidenza di tutte le altre pratiche di coltivazione (Rinaldi M. et al., 2013). Le tecniche conservative capovolgono completamente l'esercizio della pratica agricola, per cui tutti coloro che sono interessati ad adottare queste particolari tecniche devono dimenticare la maggior parte delle nozioni applicate in passato, ed essere pronti ad apprendere tutti i nuovi aspetti del differente sistema di produzione (Derpsch et al., n.d.).

4.2. PERIODO DI TRANSIZIONE E GLI EFFETTI SULLA PRODUZIONE

Nei primi 4-5 anni dopo l'implementazione, il terreno subisce drastici cambiamenti al suo interno. Va da sé che esista un periodo così detto di "transizione" che permetta agli orizzonti di stabilizzarsi.

Come diretta conseguenza di tale fenomeno, al netto delle osservazioni effettuate, le rese sia in termini di granella che di biomassa, otterranno dei cali di produzione più o meno marcati. Ciò è provocato dalla diversa resistenza esercitata dal terreno nei confronti della crescita radicale, dalla maggior incidenza delle erbe infestanti e l'impossibilità di seguire la crescita della pianta attraverso l'interramento di un concime nelle prime fasi di crescita (Simmons e Nafziger, 2014).

Ad ogni modo, alcune coltivazioni tendono ad adattarsi meglio di altre o ad essere favorite da un terreno più vocato (De Vita et al., 2007).

Tra il 2014 ed il 2017 fu istituito un progetto chiamato "Life help soil", il quale aveva come obiettivo quello di promuovere la diffusione di tecniche e soluzioni migliorative in grado di aumentare la sostenibilità agricola e la protezione del suolo (Life help Soil, "Resa delle colture in agricoltura conservativa, 2018). Le azioni progettuali interessarono ben 20 aziende della Pianura Padana ai fini di costruire delle linee guida per l'applicazione e la diffusione dell'agricoltura conservativa. Furono prelevati dati relativi alle produzioni medie annue di mais, frumento e soia (*Glycine max* (L.) Merr).

Nel caso del mais le rese di granella sono risultate in media il 10-15% inferiori nella gestione conservativa rispetto a quella tradizionale, ma con differenze significative tra le varie aziende. Al contrario le coltivazioni di frumento non manifestarono alcune differenze nelle medie, suggerendo quindi una generale convenienza per i cereali autunno-vernini.

Le divergenze maggiori tra le aziende prese in esame furono quelle relative alle produzioni di soia. A seconda degli areali di coltivazione, le produzioni risultarono essere inferiori in media di -7 t/ha nei primi 4 anni. La situazione, riscontrata anche nella coltivazione del mais, fu più marcata nella regione Veneto, dove al di sotto delle pratiche conservative le percentuali di riduzione raggiunsero valori pari al 30-35%. Diverso invece per Friuli e Lombardia dove tra gestione convenzionale e conservativa non ci fu alcuna variazione significativa. Il progetto conclude l'argomento discutendo su come il periodo

di transizione sia a tutti gli effetti un arco di tempo delicato, in cui si va incontro inevitabilmente a riduzioni delle rese a percentuali variabili, infatti, essendo un periodo di discreta lunghezza, risulta difficile per un agricoltore approcciarsi con così tanta facilità a tali tecniche, penalizzato dai minimi margini di guadagno. Bisogna considerare che un sostegno economico può arrivare dai contributi elargiti dal PSR attuato in molte regioni italiane, garantendo così la possibilità di reintegrare le perdite dei primi anni di produzione (Marandola, 2020).

4.3. LA QUESTIONE DEGLI ERBICIDI

L'utilizzo in agricoltura di sostanze mirate al contenimento delle malerbe è ampiamente affermato già dagli ultimi cinquanta anni per il loro ampio spettro d'azione, per la loro efficienza e la facilità di utilizzo in campo. Nelle pratiche agricole gli erbicidi vengono integrati nelle coltivazioni insieme a lavorazioni meccaniche di presemina o di copertura e il loro uso sincrono permette un'eliminazione efficace delle erbe infestanti in campo. L'uso improprio di tali sostanze porta inevitabilmente a danni nei confronti dell'ambiente, piante non target e insetti. Per questo motivo, è importante considerare sempre il dosaggio nelle applicazioni in campo, preferendo distribuzioni a bande e rispettando le indicazioni indicate in etichetta. In ambito conservativo, non si può assolutamente fare ricorso ad operazioni meccaniche di controllo, e questo porta inevitabilmente ad un maggiore consumo di prodotti chimici. In molti dei casi osservati le erbe infestanti risultano essere una grave problematica, sia a livello di competitività per la coltura di interesse durante la sua crescita, sia alla raccolta. (Zhang & Peng, 2021).

Un paccame ingombrante può sicuramente limitare l'insediamento delle colture estranee, ostacolando la loro crescita e riducendo nell'annata il posizionamento a terra dei semi (Giller et al., 2015). La rimozione delle colture di copertura però, ai fini di velocizzare le operazioni colturali, viene spesso effettuata in maniera chimica, sia per la mancanza dei mezzi adatti sia per la loro possibilità di ricaccio. In alcuni campi sperimentali in Germania la numerosità delle erbe infestanti su soia senza alcun controllo oltre a quello delle cover crops ha raggiunto livelli dell'ordine delle 165 piante / m². Negli appezzamenti limitrofi trattati con roller crimper in presemina allo scopo di abbattere le colture di copertura e integrando un unico diserbo in presemina si è ottenuta una riduzione del 78% della flora infestante (Weber et al., 2017).

L'applicazione di erbicidi non selettivi ai fini di eliminare le colture di copertura è un metodo standard in molte aziende; un loro uso continuo porta inevitabilmente a creare infestanti capaci di sviluppare resistenza, inoltre possiedono un'elevata attività residua nel terreno che può comportare la diminuzione della biodiversità e l'inquinamento di acque sotterranee (Zhang e Peng, 2021).

La problematica potrebbe essere arginata calcolando le tempistiche di sfalcio e munendosi di attrezzature adatte, creando così uno strato pacciamante capace di soddisfare le esigenze degli agricoltori. Inoltre, secondo alcune ricerche, la contaminazione delle acque superficiali tende ad essere minore sottozero tillage a causa della drastica riduzione dei fenomeni erosivi (minor deflusso verso fossi o scoline) e perché alcune molecole dannose possono essere scomposte rapidamente dai microrganismi (solitamente numerosi sotto ZT) in composti innocui (Busari et al., 2015).

4.4. FERTILIZZAZIONE

La quantità di materia organica presente nel suolo equivale alla differenza netta tra gli input di materia organica (biomassa) e le perdite (erosione, decomposizione e lisciviazione). L'aumento di sostanza organica nei sistemi conservativi può avere un effetto significativo sulla disponibilità di nutrienti essenziali per la vita della pianta: in situazioni stabili in cui le pratiche conservative comportano con successo l'aggiunta di residui vegetali al suolo, si riscontra un discreto incremento di azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, manganese e zinco presenti soprattutto sulla superficie esplorata dagli apparati radicali (Page et al., 2020). La decomposizione dei residui porta alla presenza sempre maggiore di elementi nutritivi sulla superficie (Govaerts et al., 2009). Tuttavia, se in molti casi l'aumento della quantità di nutrienti immagazzinati sarà sufficiente per le piante, in altri no. Nel caso dell'azoto, ad esempio, anche se le riserve risultano essere elevate, la quantità disponibile sarà minore. Questo fenomeno è dovuto appunto ai lenti tassi di mineralizzazione della sostanza organica, a causa della ridotta miscelazione suolo-stoppie o alla temperatura. La problematica tende ad un graduale miglioramento man mano che si raggiunge il nuovo stato di terreno (Tessier et al., 1990). Ciò comunque obbliga ad apporti regolari di fertilizzanti durante la coltivazione, al fine di mantenere le rese stabili; tali

composti andrebbero, secondo le pratiche tradizionali, inseriti all'interno del suolo, opzione non contemplata in ambito conservativo per via dell'impossibilità di eseguire alcuna operazione meccanica di rimescolamento: ciò implica il mantenimento sulla superficie del suolo di sostanze di rilevante interesse economico ed ambientale.

Inoltre in areali dai climi più aridi, si potrebbe verificare la stratificazione dei nutrienti immobili negli strati superficiali, la quale limiterebbe la crescita radicale impedendo di ottenere gli elementi nutritivi immagazzinati all'interno del terreno (Page et al., 2020). Viceversa, in areali più umidi non sono da escludere tutte le varie problematiche di lisciviazione e perdita del prodotto. Una destinazione simile riguarda anche i concimi minerali come l'urea, con la quale in caso di piogge si andrebbe incontro a lisciviazione, denitrificazione e volatilizzazione. Inoltre, una forte presenza di residui sulla superficie, potrebbe limitare la corretta distribuzione dell'unità fertilizzante (Page et al., 2020).

5. COVER CROPS

In molti sistemi colturali il terreno rimane nudo tra la raccolta di una coltura e la semina di quella successiva. Il suolo esposto all'azione dei vari agenti climatici va incontro a fenomeni di erosione, la quale può causare nei terreni in piano ristagno idrico superficiale e su quelli in pendio ingenti perdite di particelle di suolo. Inoltre, nel periodo autunno-vernino, quando le precipitazioni sono abbondanti e l'evapotraspirazione è relativamente ridotta, si possono verificare con facilità perdite di elementi solubili come l'azoto in forma nitrica verso l'acqua di falda sottostante. (Piasante M., 2013). L'adozione delle colture di copertura, più comunemente note in inglese con il termine di "cover crops" (CC), permettono di contenere una grande parte di questi problemi e di portare vantaggi al sistema suolo-coltura (Figura 4). Le CC vengono seminate il prima possibile dopo la raccolta

della coltura da reddito, e vengono estirpate due o tre settimane prima della semina della coltura successiva. (Pisante M., 2013). La copertura svolge un ruolo chiave nel mantenimento della salute del suolo coltivabile e nel miglioramento dei servizi dell'agroecosistema. In agricoltura conservativa le suddette colture vengono integrate ampiamente, sfalciate e lasciate nel terreno in modo da ottenere un effetto pacciamante sotto il quale verrà poi inserito il seme. In seguito, i residui subiranno un processo di deterioramento, andando così ad incrementare il contenuto di sostanza organica ed altri elementi negli orizzonti più superficiali. (Bechini & Gallina, 2020).



Figura 4: Vari tipi di coperture (Bechini & Gallina, 2020)

5.1. CRITERI DI SCELTA

Le cover crops sono colture intercalari non da reddito, mirate quasi totalmente alla sostenibilità dell'agroecosistema; il loro ricavo è indiretto poiché non dato dalla raccolta del prodotto finito (a volte alcune piante vengono eliminate ancor prima di completare il ciclo) ma bensì dalla possibilità di svolgere molteplici azioni benefiche come (Pisante M., 2013):

- La diminuzione dei fenomeni erosivi;
- Arricchire il terreno di nutrienti;
- Catturare e riciclare nutrienti nel suolo;

- Il controllo delle infestanti;
- Cura del compattamento e della struttura del terreno;
- Consumo dell'umidità del suolo in uscita dal periodo autunno vernino;
- Controllo parassiti;
- Incrementare la biodiversità (sostegno agli insetti pronubi).

L'insieme di questi benefici agronomico-ambientali determina vantaggi economici, spesso difficilmente quantificabili, soprattutto a breve termine. Nel medio-lungo periodo, il miglioramento della struttura del suolo e del suo contenuto di nutrienti possono consentire una riduzione della lavorazione del suolo e un minor utilizzo di concimi (Bechini e Gallina, 2020).

La scelta colturale deve considerare i fabbisogni aziendali, deve inserirsi negli schemi di avvicendamento e presentare un ciclo biologico adattabile a quello delle colture da reddito. L'espressione degli effetti benefici dipende oltretutto da un altro fattore importante, ovvero dalla tipologia di apparato radicale che la CC presenta. Apparati radicali differenti, infatti, danno risposte variabili e la scelta deve essere composta in osservanza delle esigenze del terreno.

Prevalentemente la scelta si focalizza su tre principali famiglie:

- Fabacee;
- Poacee;
- Brassicacee.

5.2. FABACEE

Le fabacee, o leguminose, sono tra le colture di copertura più utilizzate. Il loro apparato radicale fittonante presenta la capacità di formare simbiosi con alcuni batteri azotofissatori della famiglia dei *Rhizobium* (figura 4.2). L'associazione tra questi microrganismi e la pianta comporta la formazione di noduli, che permettono la fissazione dell'azoto atmosferico in composti azotati utili per la coltura in atto e per quelle successive (Forestieri F. et al., n.d.). Proprio a causa di questo fenomeno, le leguminose vengono spesso inserite nelle rotazioni colturali di terreni poveri di sostanze azotate, o prima di colture che richiedano un'elevata dose di questi elementi durante la loro crescita, o in aziende che non dispongono di reflui zootecnici da poter apportare (Bechini e Gallina, 2020). Le piante di

questa famiglia permettono di ottenere un contributo di circa 50-100 Kg/ha di composti azotati (a seconda della biomassa creata) e di quasi il 25– 45 % della nutrizione azotata per la coltivazione del mais.

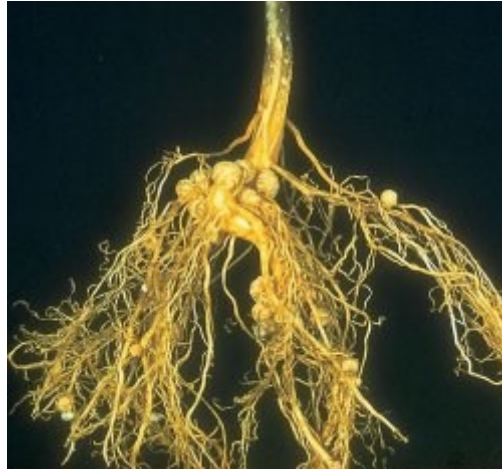


Figura 4.2: Noduli radicali (Forestieri F. et all., n.d.).

Fra le specie di maggior interesse troviamo:

5.2.1. Trifoglio (*Trifolium repens* (L.))

Specie rustica in grado di ricoprire bene il suolo, presenta un buon grado di attecchimento e si adatta bene alla semina a spaglio, con una discreta fissazione di azoto. La pianta richiederebbe una minima lavorazione del terreno prima della semina, eseguita nel periodo autunno vernino (Figura 4.3).

Presenta una germinazione ed una crescita veloce, che tende a diminuire di intensità con temperature più rigide. Media competizione contro le malerbe, ma non essendo geliva tende ad essere molto complessa da rimuovere dal terreno, spesso per questo motivo si è obbligati a far ricorso a prodotti chimici per l'eliminazione (Mazzoncini e Menini, 2000).



Figura 4.3: Avvicendamento culturale Trifoglio-frumento

5.2.2. Veccia (*Vicia sativa* (L.))

Pianta dalle buone produzioni in biomassa, capace di fissare una buona quantità di azoto atmosferico (Figura 4.4). Si adatta bene a vari tipi di suolo, e non necessita di lavorazioni per la raffinazione del letto di semina, quest'ultima eseguita nella prima metà di ottobre con una dose di seme pari a 30-50 kg/ha. Oltre la Veccia comune esiste anche la Veccia villosa (*Veccia villosa* L.) preferibile alla prima per la maggior tolleranza a climi più freddi e alle buone capacità di crescita nei terreni più poveri. (Mazzoncini & Menini, 2000)



Figura 4.4: Pianta di Veccia (Casentino 2000)

5.2.3. Pisello Foraggero (*Pisium sativum* (L.))

Pianta grande produttrice di biomassa e capace di fissare ingenti quantità di azoto atmosferico. Si adatta molto bene a tutti i tipi di suoli e non presenta esigenze particolari; ha una germinazione ed una crescita molto rapida, che la porta però ad essere molto suscettibile all'allettamento.

Il costo del seme è più elevato, e la pianta è di scarsa valenza per il contrasto verso le infestanti. La semina viene fatta a novembre con una dose di seme pari a 40-60 kg/ha (Mazzoncini e Menini, 2000).

5.3. POACEE

La famiglia delle Poacee o graminacee è la più importante del regno vegetale per la numerosità delle specie che ad essa appartengono. In ambito conservativo o più dettagliatamente nel contesto delle colture di copertura, offrono un'ampia gamma di scelta, che permette di attingere verso specie con caratteristiche di rilevante importanza. Dotate di un apparato radicale vigoroso e fascicolato, permettono una trattenuta dei nutrienti presenti all'interno dell'ecosistema suolo con una conseguente limitazione dei fenomeni di lisciviazione (Bechini & Gallina, 2020). Risultano essere una buona scelta su quei terreni con caratteristiche opposte a quelli descritti prima per le leguminose, suoli dove la presenza di azoto mirale e altri elementi nutritivi è elevata e quindi, diventa importante fare in modo che non vengano persi. La pianta assorbendoli è in grado di immobilizzarli al suo interno, e renderli disponibili per la coltura successiva una volta sfalciata. Per tale ragione le cover crops dotate di questa caratteristica vengono definite con il termine di “*catch crops*” (Bechini & Gallina, 2020). Avena, segale (*Secale cereale* (L.)) e frumento, possono essere risposte utili a questo tipo di necessità. Le graminacee, inoltre, sono una scelta interessante contro i vari fenomeni erosivi. Le norme conservative adottate in Veneto impongono che per contenere i fenomeni di erosione sul terreno, esso non debba rimanere mai in assenza di una copertura vegetale pari o maggiore del 30% composta da residui o coltivazioni vere e proprie.

Loietto italico (*Lolium Multiflorum* (L.)), segale, avena, orzo (*Hordeum vulgare* (L.)) sono solo alcune delle colture, le quali attraverso una produzione di una quantità di steli molto fitta, contrastano efficacemente l'azione battente delle piogge e quella erosiva del vento. Ottimo anche il contributo alla lotta alle erbe infestanti (Pisante M., 2013). Le poacee, attraverso la loro veloce crescita, possono sopraffare le malerbe sottraendo acqua,

luce ed elementi produttivi per la loro sopravvivenza. Inoltre, il residuo colturale sfalciato e lasciato sul terreno, favorito dall'elevata biomassa, va a formare uno strato pacciamante definito con il termine inglese “*mulch*”, un vero e proprio tappeto inibitore che funge da barriera fisica alla crescita delle plantule.

5.3.1. Gli effetti allelopatici della segale

L'effetto di soppressione può guadagnare una valenza maggiore qualora si faccia affidamento verso cover crops in grado di rilasciare una percentuale significativa di sostanze fitotossiche nei confronti di erbe estranee. L'impiego di tali colture è ancora in fase di studio, in particolare per verificare la miglior tecnica agronomica ai fini di sfruttare al meglio il loro potenziale effetto erbicida.

Fra le specie più promettenti finora valutate vi è la segale, la quale mostra avere effetti variabili a seconda della cultivar scelta e dagli influssi ambientali (Tabaglio et al., 2013). Durante la sua crescita è in grado di rilasciare bassi livelli di Benzoxazinone (Figura 4.5), sintetizzato nei tessuti giovanili, mentre i residui colturali sono in grado di rilasciarne 12 – 20 kg/ha.

In un sistema di rotazione mais/ segale furono osservate differenze significative nel contenuto di Benzoxazinone tra le cultivar di quest'ultima.

La pacciamatura eseguita ha ridotto significativamente la germinazione di alcune infestanti a foglia larga come:

- *Amaranta retroflexus*;
- *Chenopodium album*;
- *Abutilon theophrastiera*.

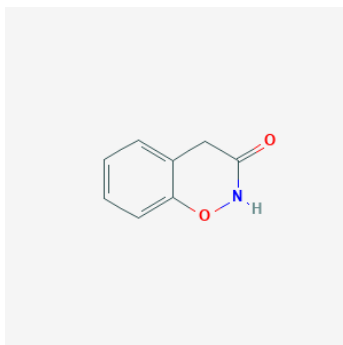


Figura 4.5: Molecola di Benzoxazinone (*National Library of Medicine*).

L'efficacia in campo dei principi attivi contenuti nella cover allopatrica ha in genere una durata di 20 - 30 giorni ed è dipendente da molti fattori, quali la specie, varietà, stadio di sviluppo, quantità di biomassa prodotta e l'andamento stagionale. La sperimentazione appena citata si è svolta in ambiente protetto, il pacciamme di segale veniva posto al di sopra di vasi contenenti semi di erbe infestanti e in una buona parte dei casi ha avuto riscontri positivi (Tabaglio et al., 2013). Tuttavia, proprio a discapito delle numerose variabili elencate poco fa, devono essere assolutamente eseguiti più prove in pieno campo in modo tale da perfezionare una corretta tecnica agronomica, sicuramente utile nel prossimo futuro.

5.4. BRASSICACEE

Le *Brassicaceae* o *Cruciferae* sono una grande famiglia di piante erbacee distribuite in tutti i continenti e in tutti gli areali climatici; il maggior numero di specie lo si trova nelle aree limitrofe al bacino mediterraneo. Le piante facenti parte di questo gruppo sono caratterizzate da una crescita iniziale abbastanza rapida e un apparato radicale fittonante più o meno sviluppato (Bechini e Gallina, 2020). Le *brassicaceae* possono essere succedute da qualsiasi tipo di coltura, rendendole incredibilmente versatili; tra le specie di interesse agrario vengono riportate: il colza (*Brassica napus* (L.)), la senape bianca e bruna (*Sinapis alba* (L.)), il rafano (*Raphanus sativus* (L.)), la dorella coltivata (*Cameline sativa* (L.)) e il ravizzone (*Brassica rapa* var. *oleifera*). Nei climi mediterranei vengono maggiormente coltivate le seguenti colture:

5.4.1. Colza



Figura 4.6: pianta di colza.

La pianta della colza offre una buona copertura del suolo la quale, affiancata da un'elevata crescita in biomassa, garantisce un buon controllo delle malerbe (Figura 4.6). Predilige terreni a medio impasto, profondi, freschi ed esenti dal ristagno idrico. Il seme può essere distribuito a spaglio, diminuendo così le ore di lavoro ed i costi di produzione. Il ciclo colturale è relativamente corto, inserendosi bene nelle rotazioni colturali.

La colza presenta un accrescimento indeterminato ed una fioritura scalare, che a seguito della fecondazione produce dei frutti chiamati siliques, lunghi circa 5-10 cm, verdi da immaturi, poi tendenti ad imbrunire verso maturità. Il seme prodotto ha una buona rilevanza economica per la produzione di olio e biodiesel.

5.4.2. Rafano

Anche la pianta del rafano è caratterizzata da un rapido sviluppo (figura 4.8). Esegue un'azione soffocante nel confronto delle infestanti, e presenta buone proprietà nematocide (Mazzoncini e Menini, 2000).

Al momento della semina, solitamente effettuata tra luglio e agosto, il seme richiede una minima raffinazione del terreno. Il rafano resiste molto bene alle basse temperature e ha notevoli azioni benefiche verso la struttura del suolo; tuttavia, la sua rimozione dal campo è spesso molto difficile per via della sua forte capacità di ricaccio, soprattutto se il fittone è ben inserito nel terreno (Zhang & Peng, 2021).

5.4.3. Senape

Pianta originaria degli areali mediterranei, nella nostra penisola cresce spontanea fino a 200-300 m. Il processo di semina è semplice e rapido, come il suo ciclo di sviluppo. Attraverso il suo apparato radicale svolge importanti funzioni per migliorare la struttura del terreno (Figura 4.7). La varietà bruna possiede la capacità di assorbire azoto in forma maggiore presenta un forte effetto antagonista nei confronti di alcuni funghi e parassiti (Mazzoncini e Menini, 2000).

La pianta della senape, essendo geliva, non crea problematiche dovute all'emissione di ricacci, rendendo molto meno dispendiosa la sua rimozione. Tuttavia, presentando una fioritura molto rapida, vi è il rischio di disseminazione del seme; occorre quindi valutare bene le tempistiche di raccolta e gli schemi di avvicendamento che vengono adottati.



Figura 4.7: Piantina di senape (Bechini & Gallina, 2020)

5.5. CONTROLLO PARASSITARIO DELLE BRASSICACEAE

L'accrescimento e la buona produzione di biomassa di queste piante garantiscono un buon controllo delle erbe infestanti, inoltre una delle peculiarità importanti di queste colture risiede nella loro capacità di trattenere nei vacuoli i glucosinolati. Questi ultimi sono composti glucosidici contenenti zolfo e sono responsabili delle caratteristiche organolettiche di ortaggi come il cavolo o i ravanelli.

I composti glucosidici sono formati da una parte zuccherina, detta glicone e da una senza zucchero, chiamata aglicone. Nel momento in cui fitofagi danneggiano la pianta mastiando e lacerando la foglia, i glucosinolati entrano in contatto con alcuni enzimi degradativi presenti nella cellula. Ciò comporta il distacco del glicone, mentre l'aglicone dà origine a prodotti reattivi e dall'odore pungente come isotiocianati, tiocianati e i nitrili, che assumono ruolo difensivo poiché tossici per gli animali causanti danno (Olivieri N., "Anatomia e morfologia dei vegetali", n.d). Il potere nematocida presenta elevata efficacia, soprattutto al momento dello sfalcio contro nematodi e funghi, e presenta un effetto variabile a seconda della varietà, a tale scopo vengono impiegati rafano nematocida e senape bruna (Olivieri N., Corso di biologia, anatomia e morfologia dei vegetali, n.d.).

Oltre ad un effetto diretto esiste anche uno indiretto. L'inserimento di una coltura di brassicacee all'interno della rotazione aziendale permette di sfruttare l'effetto di riposo dalle più ricorrenti colture cerealicole come mais e frumento o leguminose come la soia, limitando il numero di organismi patogeni presenti, modificandone l'habitat e mitigando la loro incidenza all'interno dell'agroecosistema.

5.6. EFFETTI SULLA STRUTTURA DEL TERRENO

Uno dei servizi più richiesti riguardo alle cover crops e allo stesso tempo più necessari nell'agricoltura conservativa è quello del decompattamento del suolo, possibilmente anche negli strati più profondi. È stato già discusso su come l'incremento della materia organica negli strati superficiali aumenti densità apparente e resistenza alla penetrazione, e di come nelle lavorazioni del terreno bisogna fare affidamento a macchine con pneumatici a basso potere compattante, al fine di diminuire il più possibile tale problematica. Le colture dotate di apparato radicale fittonante con elevato potere penetrante possono rappresentare uno strumento importante ai fini di risolvere almeno in parte il problema. Questa capacità è definita con il termine di *Bio-tillage* o *Bio drilling* (Zhang & Peng, 2021).

IL Bio drilling prevede l'uso delle radici delle piante, solitamente rafano e senape, come strumento di lavorazione del terreno così da poterne manipolare la struttura e ottenere condizioni benefiche per la crescita della coltura successiva. L'apparato radicale fittonante cresce all'interno del terreno durante il periodo invernale, creando i cosiddetti biopori, i quali costituiscono dei veri e propri canali per trasportare acqua e aria migliorando l'aerazione del suolo e riducendo il deflusso superficiale, mitigando così anche l'erosione. Inoltre, i biopori possono fungere da corsia preferenziale per le radici delle piante poiché forniscono spazi all'interno del terreno caratterizzati da bassa resistenza meccanica (Zhang & Peng, 2021).

La semina delle colture interessate deve essere tempestiva, in modo da garantire un elevato livello di crescita radicale e un buon insediamento nel terreno prima della stagione invernale. Lo sfalcio, invece, avviene tra il massimo accrescimento radicale e l'epoca di semina delle colture successive. Nel caso di colture come il rafano e la senape occorre prestare molta attenzione alle fasi finali del ciclo colturale; le prime, infatti, sono caratterizzate da una fioritura precoce (50-60 giorni) con conseguente elevato rischio di disseminazione del polline, il rafano invece può presentare problemi di ricaccio a causa delle elevate dimensioni del fittone. (Mazzoncini e Menini, 2000). Tra le varie pratiche di raccolta l'applicazione degli erbicidi non selettivi è ad oggi la pratica più comune per eliminare la presenza indesiderata di tali colture all'interno degli appezzamenti coltivati, ciò oltre ai problemi di elevato rilascio di residui dannosi a livello ambientale, provoca una rapida decomposizione dei residui, facendo sì che risultino poco incidenti sul controllo delle infestanti. (Zhang & Peng, 2021).



Figura 4.8: Radice di rafano (Cinquemani T., 2019)

5.7. RIMOZIONE DELLE COVER CROPS

La rimozione o raccolta ha lo scopo di evitare che le cover crops possano costituire un impedimento alla creazione di condizioni favorevoli alla crescita delle colture da reddito, coltivate successivamente

La raccolta delle cover crops può essere eseguita con diverse modalità:

FISICA: Consiste nello sfalcio o la trinciatura della pianta per poi lasciare la biomassa sulla superficie del suolo. Si prediligono colture con un buon accrescimento vegetativo, al fine di evitare una distribuzione sul terreno “a macchia di leopardo” (Pisante M.,2013). È importante quindi ottenere una buona copertura pacciamante, la quale oltre a coprire il terreno impedisce la ricrescita non solo delle malerbe ma anche dei ricacci della pianta stessa. Nelle pratiche tradizionali è tipico interrare le cover crops prima della semina della coltura da reddito.

METODO CHIMICO: Eseguito attraverso l'utilizzo dei prodotti chimici come il glifosate, che, come già discusso riguardo a rafano e senape permette di ottenere una buona rimozione dei residui colturali, riducendo notevolmente i tempi e i passaggi sul campo, evitando i fenomeni di competizione riguardo la coltura da reddito e la cover crop. L'uso di tali composti deve essere moderato, ai fini di evitare eventi di resistenza e problematiche relative all'inquinamento di acque superficiali e di falda.

ROLLER CRIMPER: Il roller crimper è una nuova tecnologia che si sta diffondendo negli ultimi anni, che consente attraverso la piegatura al suolo della coltura, la realizzazione di uno spesso strato pacciamante omogeneo permettendo un uso più efficiente delle risorse naturali. Il macchinario si presenta come un rullo dotato di alcune lame esterne, le quali spezzano il culmo della pianta e successivamente il rullo le schiaccia al suolo (Figura 4.9). Lo strato pacciamante formatosi presenta notevoli capacità: riduce l'evapotraspirazione del terreno, incrementandone l'umidità e proteggendo il suolo, oltre a diminuire le emissioni di anidride carbonica e le di protossido di azoto (N₂O). (Cozzolino E. , 2017). L'efficacia del roller-crimper dipende in primo luogo dallo sviluppo di biomassa che la pianta è in grado di creare e dall'epoca di sfalcio. Il macchinario, infatti, potrebbe

non fornire una rimozione soddisfacente qualora le operazioni vengano applicate durante la fase vegetativa; tuttavia, può essere efficace tanto quanto gli erbicidi sintetici se applicato successivamente alla fioritura o con piante con breve periodo vegetativo.

Successivamente sono stati apportati miglioramenti nella progettazione dei rulli, aumentandone esponenzialmente le capacità operative, con conseguente miglioramento delle prestazioni (Zhang & Peng, 2021). In futuro la tecnologia continuerà ad evolversi portando sul mercato nuove attrezzature in grado di svolgere al meglio tali attività, permettendo un graduale distacco dall'utilizzo dei prodotti chimici al fine di incrementare la qualità ambientale.



Figura 4.9: Lavorazione con roller crimper (Cozzolino E. , 2017)

6. CONCLUSIONI

Al netto delle analisi effettuate, le tecniche conservative possono essere in molte realtà aziendali un punto di svolta nella gestione agricola e del suolo, attraverso tutti i vari effetti benefici descritti in tesi e documentati da tempo dalle varie prove a pieno campo. Ciò che rende interessante l'implementazione delle pratiche è la loro capacità di abbattere i costi di produzione, per questo vengono ampiamente adottate nei Paesi del terzo mondo come Africa o India, permettendo agli agricoltori di avere un minimo ricavo alla vendita degli alimenti. Se in areali come questi, ci fosse la possibilità di inserire nuove tecnologie caratteristiche dei nostri sistemi agricoli, sicuramente si potrebbero ottenere vantaggi dal punto della vista della domanda alimentare. Quindi, non si tratta solo di elogiare tutti i vari benefici che la pratica ha da offrire, ma piuttosto di promuoverla nel modo corretto. I programmi di sviluppo presenti ad oggi, obbligano l'agricoltore a modificare in modo più o meno marcato tutte le lavorazioni da sempre compiute, e l'adesione viene eseguita nella maggior parte dei casi per l'interesse verso gli aiuti contributivi elargiti dal protocollo. Pertanto, occorrerebbe creare programmi di sviluppo adatti a promuovere una serie di operazioni sostenibili, che, con il passare del tempo possano instillarsi all'interno delle varie gestioni agronomiche. Questo, se affiancato all'aiuto da parte di tecnici aziendali forniti da enti pubblici e non vincolati dall'interesse di multinazionali, potrebbe delineare una corretta riuscita del programma. Ciò potrà essere applicato non solo sui seminativi ma anche su piante da frutto, vigneti e coltivazioni orticole così da creare un sistema utile al sostentamento del nostro territorio e alle varie realtà aziendali, non solo in ottica di non lavorazione ma in generale verso aspetti più sostenibili possibile. Si rende inoltre necessario rendere più accessibili, sia a livello di disponibilità sul mercato sia a livello economico, macchine adatte alla semina su sodo o alle varie lavorazioni conservative, attrezzature ad oggi poco presenti nei parchi macchine aziendali o di terzisti. Riguardo all'utilizzo di cover crops all'interno delle rotazioni colturali penso che, nonostante il possibile aumento dei costi riguardo l'acquisto dei semi e l'incremento delle ore lavorative, possano essere d'aiuto nel muovere i primi passi verso pratiche di gestione utili al terreno, al controllo delle infestanti e alla riduzione delle fertilizzazioni. L'agricoltore da parte sua dovrà innanzitutto stabilire quale e quali azioni siano più necessarie per la sua azienda in ottica agronomica (sfruttando i benefici per la coltura successiva) e ambientale (dando importanza ai vantaggi che il territorio ne può trarre) strutturando così sistemi colturali efficienti.

7. BIBLIOGRAFIA

- European Environment Agency. (2015). *Agricoltura e cambiamento climatico*. 1–7. <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2015/articoli/agricoltura-e-cambiamento-climatico>
- Bechini, L., & Gallina, P. M. (2020). *COVER CROP: SCHEDE TECNICHE Fondo Fondo Europeo Europeo Agricolo Rurale : Rurale :*
- Bono, A. A. (2010). *Flujos De Carbono Y Nitrógeno Bajo Distintos Sistemas De Labranza En La Región Semiarida Pampeana*. 84.
- Busari, M. A., Kukal, S. S., Kaur, A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Carretta, L., Tarolli, P., Cardinali, A., Nasta, P., Romano, N., & Masin, R. (2021). Evaluation of runoff and soil erosion under conventional tillage and no-till management: A case study in northeast Italy. *Catena*, 197(October 2020), 104972. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104972>
- Cavalchini, A. G., Rognoni, G. L., Tangorra, F. M., & Costa, A. (2013). Experimental tests on winter cereal: Sod seeding compared to minimum tillage and traditional plowing. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(2s), 392–396. <https://doi.org/10.4081/jae.2013.s2.e79>
- Chivenge, P. P., Murwira, H. K., Giller, K. E., Mapfumo, P., & Six, J. (2007). Long-term impact of reduced tillage and residue management on soil carbon stabilization: Implications for conservation agriculture on contrasting soils. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.08.006>
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1–2), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.012>
- Derpsch, R. (2008). No-tillage and conservation agriculture: a progress report. *World Association of Soil and Water Conservation*, 3, 7–39.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Derpsch, R., & Sol, S. (n.d.). *Development and Current Status of No-till Adoption in the World*.
- Di, C., In, S., & Ed, V. (n.d.). *CORSO DI BIOLOGIA, ANATOMIA E Dr . Nicola Olivieri*

ARGOMENTO: BRASSICACEAE parte I.

- Ellert, B.H., Bettany, J.R., (1995)., Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes
- Giller, K. E., Andersson, J. A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., & Vanlauwe, B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 6(OCTOBER). <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00870>
- Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K. D., Dixon, J., & Den-doooven, L. (2009). Conservation agriculture and soil carbon sequestration: Between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(3), 97–122. <https://doi.org/10.1080/07352680902776358>
- Marandola, D. (2020). *L'agricoltura conservativa nei PSR 2014-2020 come (e perché) i PSR promuovono l'uso sostenibile del suolo in Italia.*
- Mazzoncini, M., Antichi, D., Di Bene, C., Risaliti, R., Petri, M., & Bonari, E. (2016). Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 77, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.02.011>
- Mazzoncini, M., & Menini, S. (2000). Le colture di copertura. *Informatore Agrario (Italy)*, 56(24), 29–36.
- Rinaldi M., Troccoli A., (2013). “L'agricoltura conservativa”
- Page, K. L., Dang, Y. P., & Dalal, R. C. (2020). The Ability of Conservation Agriculture to Conserve Soil Organic Carbon and the Subsequent Impact on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties and Yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(March), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>
- Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., & Grace, P. (2014). Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 187, 87–105. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>.
- Pisante M., *Agricoltura sostenibile: principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttiva per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela del clima*, Edagricole, (2013)
- Pittelkow, C. M., Linqvist, B. A., Lundy, M. E., Liang, X., van Groenigen, K. J., Lee, J., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R. T., & van Kessel, C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 183, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020>

- Rinaldi M., Troccoli A., (2013). “L’agricoltura conservativa”
- Simmons, F. W., & Nafziger, E. D. (2014). Soil Management and Tillage. *Illinois Agronomy Handbook*, 133–142. <http://extension.cropsci.illinois.edu/handbook/>
- Sun, W., Canadell, J. G., Yu, L., Yu, L., Zhang, W., Smith, P., Fischer, T., & Huang, Y. (2020). Climate drives global soil carbon sequestration and crop yield changes under conservation agriculture. *Global Change Biology*, 26(6), 3325–3335. <https://doi.org/10.1111/gcb.15001>
- Tabaglio, V., Marocco, A., & Schulz, M. (2013). Allelopathic cover crop of rye for integrated weed control in sustainable agroecosystems. *Italian Journal of Agronomy*, 8(1), 35–40. <https://doi.org/10.4081/ija.2013.e5>
- Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Langhans, C., Clymans, W., Vanuytrecht, E., Merckx, R., & Raes, D. (2012). Soil functioning and conservation tillage in the Belgian Loam Belt. *Soil and Tillage Research*, 122, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.001>
- VandenBygaart, A. J. (2016). The myth that no-till can mitigate global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 98–99.
- Veneto Agricoltura., (2019). “Agricoltura conservativa e servizi ecosistemici”
- Vegetale, B. (n.d.). *Fabaceae*.
- Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P. C., Chocobar, A., Deckers, J., & Sayre, K. D. (2010). Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? *Food Security and Soil Quality*, 137–208. <https://doi.org/10.1201/EBK1439800577>
- Weber, J. F., Kunz, C., Peteinatos, G. G., Zikeli, S., & Gerhards, R. (2017). Weed control using conventional tillage, reduced tillage, no-tillage, and cover crops in organic soybean. *Agriculture (Switzerland)*, 7(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture7050043>
- Zhang, Z., & Peng, X. (2021). Bio-tillage: A new perspective for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 206(71), 104844. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104844>

8. SITOGRAFIA

<https://www.casentino2000.it/la-veccia-di-pasqua/>

<https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

https://www.storicang.it/a/dust-bowl-natura-in-rivolta-negli-stati-uniti_15280

<https://momofficine.it/agronomia/strip-tillage/>

<https://www.conitalo.it/che-cose-lo-scambio-cationico-csc/>

<https://www.lifehelpsoil.eu/resa-delle-culture-in-agricoltura-conservativa/>

<https://www.sinab.it/bionovita/la-tecnologia-line-roller-crimper-di-eugenio-cozzolino>

<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/vivaismo-e-sementi/2019/07/26/rafano-aratore-la-cover-crop-che-evita-l-aratura/63355>