

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse
Naturali e Ambiente
Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Scienze e tecnologie agrarie

Effetti delle lavorazioni del terreno sulle principali
cause di riduzione dell'investimento nelle colture di
mais e soia

Relatore
Prof. Luigi Sartori
Correlatore
Dott. Andrea Pezzuolo

Laureando
Stefano Nale
Matricola n. 1005501

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

INDICE

INDICE	2
CAPITOLO I – TECNICHE DI NON-LAVORAZIONE DEL TERRENO	3
1.1 Generalità e prospettive	3
1.2 Le tecniche di lavorazione del terreno convenzionali	6
1.3 Aspetti tecnico-colturali per una corretta applicazione	9
1.3.1 Rotazioni	9
1.3.2 Aspetti agronomico-colturali relativi alle colture cerealicole	12
1.4 Possibili problematiche riscontrabili nella fase transitoria.....	18
1.4.1 Gestione dei residui e colture cover-crops	18
1.4.2 Compattamento del terreno	23
1.4.3 Gestione delle infestanti	26
1.4.4 Aspetti fitosanitari	29
1.5 Seminatrici per la semina su terreno non lavorato	44
1.5.1 Principali problematiche operative.....	53
1.5.2 Elementi di regolazione.....	54
CAPITOLO II – OBIETTIVO DELLA TESI.....	62
CAPITOLO III – METODOLOGIA SPERIMENTALE.....	63
3.1 Il protocollo sperimentale applicato	63
3.2 Descrizione delle aziende	65
3.2.1 Dati climatici	67
3.3 Nota tecnica mais e soia	71
CAPITOLO IV - RISULTATI.....	74
4.1 Mais	74
4.1.1 Emergenze	74
4.1.2 Fallanze	77
4.2 Soia.....	80
4.2.1 Emergenze	80
4.2.2 Fallanze	83
CAPITOLO V – CONCLUSIONI	85
CAPITOLO VI - RIASSUNTO	87
CAPITOLO VII - ABSTRACT	88
CAPITOLO VIII – BIBLIOGRAFIA	89

CAPITOLO I – TECNICHE DI NON-LAVORAZIONE DEL TERRENO

1.1 Generalità e prospettive

Le tecniche di lavorazione del terreno consistono in tutti quegli interventi agronomici di tipo meccanico aventi lo scopo di costituire un ambiente idoneo alla germinazione e successiva crescita e sviluppo della coltura. Un buon letto di semina è fondamentale affinché avvenga il contatto del seme con il terreno, dove il seme possa ricavare l'acqua necessaria per i processi idrolitici e venga permesso un rapido sviluppo dell'apparato radicale primario che già dall'inizio sia capace di favorire una ottimale emergenza della coltura.

Tra le tecniche, l'aratura, nel corso degli anni, si è affermata per i molteplici vantaggi che hanno trovato largo apprezzamento da parte degli agricoltori, primo tra tutti la possibilità di interrare residui colturali, fertilizzanti e malerbe, evitando così il disturbo alle successive operazioni colturali e nondimeno la ricostituzione di una struttura porosa "artificiale" che permettesse un buon approfondimento dell'apparato radicale.

Nel corso dei secoli, la continua inversione degli strati ha però mostrato fenomeni di degradazione della struttura e la riduzione del tenore di sostanza organica, aumentando il rischio di perdita di suolo mediante fenomeni di erosione idrica ed eolica. Secondo McLaughlin e Mineau (1995) la continua adozione della tecnica dell'aratura può portare nel lungo termine a fenomeni di desertificazione.

Negli Stati Uniti d'America, la necessità di ricercare soluzioni a questo grave problema portò alla costituzione di una specifica commissione all'interno dell'USDA (attualmente denominata Natural Resources Conservation Service) già dagli anni '30.

In Europa, il problema della perdita di suolo è stato identificato in epoca più recente, ma, anche qui rappresenta il maggior problema ambientale come dimostrato da stime fornite da Verheijen et al. (2009) che mostrano come la perdita di suolo dai terreni agricoli si aggira tra 3 e 40 t/ha/anno.

Le cause che portano alla degradazione del suolo e all'erosione riguardano anche in questo caso la perdita di struttura e conseguente compattazione, diminuzione della sostanza organica e degli organismi del suolo (Holland, 2004).

Il suolo non è quindi un semplice substrato per le colture ma una vera e propria risorsa, che, data la complessità delle relazioni che si instaurano all'interno dell'agroecosistema, necessita di particolari misure atte a prevenire fenomeni negativi che comportino una distruzione di questi particolari equilibri.

L'agricoltura moderna, perciò, deve porre le basi per una gestione del suolo agrario più sostenibile a partire dalle lavorazioni del terreno. In questi ultimi anni, tra gli operatori, si è introdotto l'aggiunta di "lavorazioni conservative" intendendo tutte quelle tecniche che riducono il disturbo al suolo poiché interessano gli strati più superficiali e non ne comportano l'inversione, mantenendo di fatto la struttura e rispettando la naturale biodiversità, minimizzando allo stesso tempo fenomeni di erosione e di inquinamento delle acque (Holland, 2004).

Questi principi rientrano nel più ampio concetto di Agricoltura Conservativa che vede l'applicazione contemporanea dei tre pilastri che la caratterizzano:

- Continua adozione di lavorazioni che minimizzano il disturbo del suolo (semina diretta e non lavorazione comportano il minimo disturbo al suolo);
- Permanente copertura del terreno, mantenendo in superficie adeguati livelli di residuo colturale, oltre che l'introduzione di colture intercalari (cover crops) adatte alla protezione e alla nutrizione del terreno nei periodi intermedi a due colture principali. Idealmente la copertura dovrebbe interessare il 100 % della superficie, praticamente comunque non deve mai scendere sotto il 30% (Kassam et al., 2012);
- Diversificazione delle specie coltivate in maniera sequenziale o in associazione, significa sostanzialmente l'adozione dei principi della rotazione e dell'avvicendamento, considerando perciò le caratteristiche fisiologiche delle colture, anche in termini di biomassa prodotta e ragionando in termini asportazioni/restituzioni. Importante anche in termini di prevenzione contro infestanti, malattie e attacchi di insetti.

La continua applicazione dei singoli punti seguendo una logica di integrazione tra di essi è presupposto per lo sviluppo di possibili sinergie (Kassam et al., 2012).

In termini ambientali inoltre la riduzione dell'intensità delle lavorazioni comporta una riduzione dell'emissione netta in atmosfera di CO₂ sia per il minor input energetico necessario, sia per il mancato rilascio del carbonio stoccato nella sostanza organica. Anzi, il suolo in questo potrebbe avere un ruolo nel sequestro del C attraverso l'aumento e la stabilizzazione della sostanza organica nel terreno, aumentandone la fertilità e contribuendo alla mitigazione del riscaldamento globale (Lal et al., 2007).

Alla sostenibilità ambientale si aggiunge una sostenibilità di tipo economico poiché le lavorazioni conservative sono un importante elemento di contrasto alla variabilità economica (Van den Putte et al., 2010). In un momento come questo di instabilità economica, la riduzione dei costi si pone come soluzione strategica nel contrastare la volatilità dei prezzi dei prodotti agricoli e l'instabilità della politica agricola comunitaria.

Le tecniche conservative, in particolare la semina su sodo, hanno visto soprattutto negli ultimi 10 anni una crescita quasi esponenziale. Stime derivanti da un lavoro di ricerca (Derpsh et al., 2010) mostrano come da 45 milioni di ettari nel 1999 si sia passati a 73 milioni nel 2003, fino agli attuali 111 milioni di ettari sono gestiti con la semina su sodo. A livello mondiale la ripartizione su scala continentale si presenta come riportato in tabella 1.

Areale	Superficie (ha)	Incidenza (%)
Sud America	49.579.000	46,8
Nord America	40.074.000	37,8
Australia e Nuova Zelanda	17.162.000	11,5
Asia	2.530.000	2,3
Europa	1.150.000	1,1
Africa	368.000	0,3
Mondo	115.863.000	100

Tabella. 1. Area gestita con semina su sodo a livello mondiale

I Paesi in cui si ha la maggiore diffusione del no till sono Stati Uniti (26 milioni di ettari), Brasile (25 milioni), Argentina (19 milioni), a seguire Australia e Canada rispettivamente con 17 milioni e 13 milioni. Questi dati confermano il cresciuto interesse da parte degli agricoltori per questo sistema non convenzionale, che può soddisfare il bisogno di una maggiore competitività e la riduzione dei costi. L'attuale diffusione a livello mondiale testimonia l'adattabilità di questa tecnica alle diverse condizioni climatiche, pedologiche e colturali (Marandola, 2012).

In questa visione l'Europa è considerata ancora un "paese in via di sviluppo" riguardo il no till, infatti la sua diffusione riguarda circa 1 milione di ettari sul totale dei terreni coltivati con la non lavorazione, che rappresentano solo 1% a livello mondiale.

Stime riportate da Soane et al. (2012) focalizzano che l'Italia annovera circa 80.000 ettari di terreno a regime di semina su sodo, rappresentanti solamente l'1% dei terreni investiti a seminativi. In molti casi comunque si sta iniziando ad adottare forme intermedie tra la classica aratura e la semina su sodo, in molti casi consigliate in via preventiva all'adozione continua del no till, mantenendo l'aratura come occasionale rimedio al manifestarsi di eventuali problemi durante la continua applicazione della semina su sodo.

L'applicazione di queste tecniche di gestione del terreno hanno bisogno perciò di una completa e continuativa ricerca che vada a definire vantaggi e criticità per la loro applicazione nei diversi contesti.

1.2 Le tecniche di lavorazione del terreno convenzionali

Si definisce con lavorazioni convenzionali un sistema di lavorazione basato su un intervento primario profondo solitamente con aratro a vomere e versoio, seguito da una lavorazione secondaria di affinamento delle zolle createsi, mediante uno o più passaggi con erpici rotanti o folli (Figura 1).



Figura 1. Principali lavorazioni tradizionali, con aratro trivomere (a sinistra) e con erpice rotante (a destra)

La classica concezione agronomica pone nell'aratura lo scopo di ricostituire una certa struttura mediante l'aumento della porosità del terreno, aumentare l'infiltrazione dell'acqua e il volume di terreno esplorabile dalle radici. Con il rivoltamento degli strati inoltre si ottiene l'interramento dei residui colturali, fertilizzanti organici e minerali, e semi di infestanti esponendo il suolo privo di alcuna copertura all'azione degli agenti atmosferici.

Essi operano una prima frantumazione delle zolle (principalmente azione gelo-disgelo), utile specialmente in terreni con tessitura prevalentemente argillosa. Qualora questo effetto però sia limitato soprattutto con inverni secchi, è richiesto un passaggio con estirpatore per una parziale rottura delle zolle prima delle successive operazioni.

Da un punto di vista operativo, la profondità di lavoro si aggira mediamente tra i 30-40 cm, con velocità di avanzamento relativamente basse, solitamente inferiori agli 6-7 km/h.

Le lavorazioni secondarie di affinamento non vanno oltre i 15 cm di profondità e vengono eseguite mediante l'uso di diverse tipologie di erpici ad elementi fissi o azionati dalla pdp, combinati o meno con diverse tipologie di rulli. La loro funzione è chiaramente quella di ridurre la zollosità, livellare la superficie, sradicare le eventuali plantule di infestanti già emerse e rendere così il terreno idoneo per l'operazione di semina.

A seconda delle esigenze colturali e delle caratteristiche del terreno si possono rendere necessari anche una rullatura appena dopo la semina, o, se il terreno risulta essere troppo affinato concomitante ad una precipitazione consistente appena dopo la semina, per facilitare l'emergenza, un passaggio con attrezzo rompicrosta per la rottura della crosta superficiale.

L'adozione delle tecniche convenzionali, ma soprattutto il continuo ricorso all'aratura ha come possibili conseguenze diversi effetti tra cui:

- Distruzione degli aggregati stabili con rischio di destrutturazioni;
- Intensa aerazione del terreno che porta alla rapida mineralizzazione della sostanza organica, principale fattore della fertilità fisico-chimico-biologica (Giordani, 2004), favorendo il rilascio di elementi come N, P, S (Lal et al., 2007);
- Maggior rischio di fenomeni erosivi sia idrici che eolici, aggravati in concomitanza al verificarsi di forti temporali con precipitazioni intense e forti venti;

- Formazione di una suola di lavorazione con ostacolo alla percolazione dell' acqua in falda e all'approfondimento radicale;
- Maggior rischio di compattamento a causa dell'elevato numero di passaggi, amplificato, se non rispettate condizioni di tempera;
- Suscettibilità del terreno a fenomeni di crosta superficiale per effetto battente della pioggia;
- Forte incidenza sull'attività della macrofauna e microfauna terricola;
- Elevate emissioni di CO₂ sia per ossidazione della sostanza organica, soprattutto negli strati più superficiali (Roane et al., 2012), sia per l'elevato impiego di combustibile.
- Alti costi di produzione.

Rivalutare l'aratura in modo più sostenibile presuppone il passaggio da una lavorazione prettamente profonda a una lavorazione più superficiale. Importante rimane la possibilità di interrare il refluo palabile di origine zootecnica o colture *cover crops* (soprattutto di specie ad alta vigoria), senza però spingersi oltre i 20 cm, da un lato trovando le condizioni favorevoli per il buon decorso del processo di umificazione e dall'altro attenuare i principali svantaggi precedentemente riassunti (Pezzuolo e Sartori, 2012c).

L'attuale concezione operativa vede inoltre il privilegio di un aumento delle velocità di avanzamento e delle larghezze di lavoro a scapito della profondità con un evidente miglioramento della produttività oraria e della tempestività di intervento, collegati ad un abbattimento dei costi diretti anche del 25%.

Attenzione particolare è rivolta alle caratteristiche tecnico-costruttive dell'aratro, preferendo modelli che consentano di operare fuori solco per limitare la compattazione e migliorare il rendimento del trattore, inoltre importante la scelta della tipologia di versoio che meglio si adatta al tipo di terreno in cui si opera, oltre alla capacità di mantenere costante la profondità di lavoro.

L'aratura quindi va programmata in tutti quei contesti dove veramente è necessaria, per colture come mais, pomodoro, patata e barbabietola definite appunto colture da rinnovo, e in tutti i casi di terreni dove sia necessario costituire un classico serbatoio d'acqua.

1.3 Aspetti tecnico-colturali per una corretta applicazione

I dati relativi alle produzioni ottenibili e reali delle singole colture sono quelli che primariamente vengono valutati all'interno dell'azienda, anche per comporre una semplice e sommaria analisi nell'ambito di una qualunque gestione imprenditoriale.

L'imprenditore agricolo, nell'ambito della gestione economica, compie quindi delle scelte che sono rivolte ad ottenere le più elevate produzioni possibili, con l'obiettivo di perseguire i massimi profitti in relazione ai capitali investiti.

Le attuali previsioni sulla crescita della popolazione mondiale mostrano il raggiungimento nel 2050 della quota delle 10 miliardi di persone, e quindi già adesso è opportuno riflettere su come raggiungere l'obiettivo di garantire a tutti la sicurezza alimentare. I tassi di crescita delle produzioni agricole attualmente, però, non garantiscono un futuro senza incertezze. Come sostenuto da Lal et al. (2007), ottenere successi produttivi proponendo un sistema alternativo all'aratura, qual è la non lavorazione, basato su una gestione adeguata del residuo e l'uso di cover crops di leguminose nella rotazione, può essere un'ipotesi per l'ottenimento di produzioni più sostenibili economicamente e anche sotto il profilo ambientale.

1.3.1 Rotazioni

Nell'applicazione delle pratiche conservative le rotazioni e gli avvicendamenti assumono un ruolo strategico. Le produzioni, derivate da sistemi colturali dove sia applicata una razionale rotazione sono spesso più elevate, rispetto ai sistemi colturali basati sulla monosuccessione, in quanto la rotazione e gli avvicendamenti colturali migliorano le caratteristiche del suolo e riducono l'incidenza di malattie e insetti dannosi alle colture.

Gli effetti benefici delle rotazioni dipendono inoltre dalla tipologia di colture scelte e dalla loro sequenza nel sistema. La continua coltivazione di una singola specie, o di specie simili che abbisognano di pratiche colturali similari, permette poi, a specifiche specie di essenze erbacee infestanti di diventare dominanti (McLaughlin e Mineau, 1995) all'interno dell'ecosistema agrario. Nel tempo questo comporta una maggiore

difficoltà nella lotta, poiché hanno avuto modo di selezionare popolazioni maggiormente resistenti alle pratiche di controllo (Chauhan et al., 2012).

La rotazione, come nelle tecniche tradizionali, trova conferma anche nelle tecniche conservative, rappresentando una via praticamente obbligata.

Oltre alla semplice rotazione è possibile costituire avvicendamenti più liberi e articolati che si prefiggono i seguenti vantaggi:

- ✓ Migliore sfruttamento della fertilità del terreno in relazione alla profondità radicale
- ✓ Contenimento dei danni causati da fitopatie;
- ✓ Contenimento del rischio di selezione della flora infestante;
- ✓ Possibilità di ottenere prodotti diversi in vari periodi dell'anno, con una certa assicurazione nei confronti di eventi climatici sfavorevoli;
- ✓ Più equilibrata ripartizione del lavoro nel corso dell'anno;
- ✓ Riduzione del rischio di mercato, sia per la collocazione del prodotto che riguardo il prezzo.

La diversità biologica ha come vantaggio il contrasto alla proliferazione di agenti biologici dannosi (funghi, insetti, etc.) e di sostenere quelli utili, valorizzando perciò gli effetti della rotazione. Molti studi indicano che un più lungo intervallo nella rotazione di specie ospiti suscettibili permette di ridurre l'incidenza delle malattie delle piante (McLaughlin e Mineau, 1995).

Il problema infestanti è il più noto e quello che negli anni sta determinando le maggiori perdite produttive. Questo si verifica poiché rimane inalterata l'intera quota di semi di infestanti (seed bank) negli strati superficiali, dove invece con una normale aratura, buona parte di essi viene interrata più in profondità, con conseguente devitalizzazione o comunque in molti casi ne viene ridotta la competitività, con ritardo nella germinazione. La rotazione ha infatti come principale scopo quello di evitare la selezione di popolazioni di specie infestanti resistenti, che si possono costituire nei casi in cui vengano, per diversi anni, adottate misure di controllo molto simili, in molti casi ripetute all'interno di una monosuccessione.

Il controllo di infestanti specifiche risulta più efficace infatti con interventi su colture che appartengono ad una famiglia botanica differente da quella dell'infestante, in momenti precedenti la coltura dove l'infestante stessa può causare i maggiori danni e dove risulta meno controllabile.

Inoltre un efficace controllo delle infestanti è possibile sfruttando la competizione tra coltura e infestante; colture fitte come il frumento, o comunque quando una coltura riesca a determinare una quota di ombreggiamento tale da rallentare lo sviluppo dell'infestante è elemento che favorisce la coltura a scapito dell'infestante.

Nella rotazione altro aspetto che merita di essere considerato è la quantità di residuo che viene prodotta dalla coltura precedente. Nel caso la quantità sia elevata, questa potrebbe ostacolare le successive operazioni di semina. Sebbene il residuo venga solitamente trinciato contemporaneamente e/o successivamente alla raccolta, la quantità lasciata alla fine del ciclo, per esempio del mais, risulta essere importante e quindi vanno considerati successivamente il tipo di operatrice utilizzata, le caratteristiche e le dimensioni del seme, affinché la sua deposizione nel solco di semina non avvenga tra i residui, piuttosto che a contatto con il terreno.

Colture destinate ad essere insilate quali mais, sorgo, altre graminacee, ma anche miscugli di diverse specie per foraggi, lasciano nel terreno una quantità di residuo piuttosto bassa dopo la raccolta. Risulta in questo caso ancora più semplice intervenire subito dopo la raccolta con la semina di una successiva coltura, che può essere una coltura di secondo raccolto, oppure una coltura di copertura. Questo è possibile purché il traffico e le condizioni del terreno durante la raccolta non abbiano costituito gravi danni al suolo, come compattamento oppure ormaie.

Importante quindi conoscere le caratteristiche delle specie e delle varietà o degli ibridi che meglio si adattano ad essere coltivati con tecniche conservative, per evitare di includere specie che vanifichino il vantaggio di una sequenza ininterrotta di operazioni su sodo (Soane et al., 2012).

Possibile anche l'inserimento di colture di copertura per mantenere costantemente coperto il suolo, favorendo i fenomeni di infiltrazione dell'acqua, oltre che produrre biomassa al fine di apportare sostanza organica al terreno. La scelta della cover-crop deve essere quindi attentamente valutata al fine evitare di introdurre nella rotazione colture di copertura caratterizzate dall'essere specie ospiti di specifici patogeni (Abawi e Widmer, 2000). La sequenza e la scelta delle singole specie da mettere in rotazione va considerata comunque anche sotto il profilo economico, basando la scelta in riferimento al prezzo di mercato delle diverse colture (Chauhan et al., 2012).

1.3.2 Aspetti agronomico-culturali relativi alle colture cerealicole

Le colture gestite con tecniche conservative mostrano differenze lungo il loro ciclo colturale, anche notevoli, rispetto alle stesse in ambito convenzionale.

Sono molte le prove condotte per le principali colture quali frumento, mais e soia, allo scopo di determinare l'adattabilità e la risposta produttiva quando introdotte in un programma di semina su sodo.

Le osservazioni che arrivano da tali programmi sperimentali riportano che generalmente durante gli anni di ripetizione del sodo, le diverse colture hanno risposto con una diminuzione quantitativa della produzione, variabile in base alle condizioni dell'ambiente di coltivazione e con valori diversi negli anni di prova. A tal proposito, sperimentazioni europee, affermano che i meccanismi che determinano la riduzione delle produzioni nel *no tillage* variano a seconda delle condizioni locali (Soane et al., 2012). In Danimarca il primo problema è il compattamento del suolo per suoli leggeri, mentre in Svezia e Norvegia sono i residui a determinare i maggiori problemi, mentre in Finlandia sono da aggiungere a questi il problema infestanti. Nei diversi contesti quindi si possono avere casi in cui una criticità predomini le altre, oppure la concomitanza di diversi motivi nel determinare il calo produttivo.

Trova conferma in diversi ambiti la riduzione delle rese colturali immediatamente dopo l'adozione della semina su sodo, con valori inferiori rispetto al confronto con la tecnica convenzionale. Ciò accade circa nei primi 3-5 anni di semina su sodo ed è dovuto alle condizioni strutturali del terreno non ancora ottimali.

Le ragioni delle frequenti diminuzioni delle rese colturali si riassumono in:

- Compattamento del terreno in conseguenza al traffico durante le operazioni di raccolta, in un terreno che sta ancora sviluppando una portanza tale da sopportare il passaggio delle macchine;
- Il tempo limitato ai fattori responsabili per la costruzione di una buona struttura del terreno (accumulo di sostanza organica, disposizione verticale dei biopori in una buona struttura, la stabilizzazione degli aggregati promossa dalle radici e dalla fauna terricola);
- Riduzione della disponibilità di azoto;
- Scarsa esperienza pratica a riguardo del no till.

Inoltre è in evidenza che nel nord e ovest Europa le produzioni registrate sul no till sono frequentemente minori rispetto alla tradizionale aratura durante le stagioni piovose, quando invece le differenze tra le metodologie sono più ridotte, se non nulle, durante stagioni secche (Soane et al., 2012). I fattori meteorologici vanno ad influenzare negli anni il contenuto idrico del suolo, l'areazione del terreno e la temperatura del suolo, e perciò ci si può aspettare una marcata influenza sulla risposta delle colture e sulle produzioni durante le differenti stagioni.

Prima di iniziare è quindi importante valutare le condizioni di campo. Inadatte sono la presenza di ormaie o comunque di uno strato superficiale compatto, variabilmente profondo, che condiziona negativamente la copertura del seme e la successiva emergenza. E' importante poi la valutazione dello stato di umidità del terreno al momento della semina, poiché condizioni di elevata umidità non sono adatte, poiché il solco di semina costituito in condizioni piuttosto umide, durante la fase di essiccamento del terreno, si apre lasciando il seme scoperto (Figura 2).



Figura 2. Particolare di un seme di mais deposto in un solco di semina, costituito in terreno argilloso umido, allargatosi successivamente con l'asciugatura dello strato più superficiale del terreno

La resa di una coltura si determina considerando la produzione della singola pianta e il numero di piante. Una ottimale emergenza è quindi necessaria al fine di garantire l'investimento colturale teorico che permetta di ottenere i risultati attesi.

Una seconda garanzia dell'investimento è la scelta di seme certificato, seme che ha superato controlli sulla qualità, in riferimento a purezza genetica, purezza commerciale, potere germinativo e stato sanitario.

Queste considerazioni che accomunano le diverse colture, oltre che le diverse tecniche di lavorazione del terreno, permettono di compiere scelte mirate già prima dell'inizio del ciclo produttivo.

Il **frumento**, è la coltura che meglio si adatta ad essere impiegata in un programma di semina su sodo. Questa sua adattabilità sta nel fatto che è una coltura fitta, e che attraverso un adeguato accostamento è in grado di contenere eventuali perdite produttive.

L'epoca di semina non subisce in genere variazioni importanti (normalmente 2^a-3^a decade Ottobre, 1^a decade Novembre). In alcuni casi è possibile un certo anticipo, derivato dall'impiego di seminatrici da sodo che permettono minori tempi per l'esecuzione della semina.

La profondità di semina deve garantire la completa copertura del seme, sebbene debbano essere considerate le minori profondità. Si è osservato, infatti, che in presenza di un periodo piovoso, appena dopo la semina, questo comporta condizioni inidonee ad una ottimale emergenza, soprattutto quando il terreno non abbia ancora formato una struttura tale da garantire un buon drenaggio, in modo particolare lungo il solco di semina.

Poiché l'apparato radicale fascicolato del frumento non si spinge a notevole profondità, la ridotta profondità delle lavorazioni non costituisce un limite per la coltura, tranne nei casi più estremi di compattamento.

Da ribadire riguardo la quantità di seme consigliata, che è da valutare un aumento dell'investimento maggiormente venga posticipata la data di semina.

Riguardo le concimazioni esse risultano in linea con quelle previste per le normali pratiche colturali. Il fosforo, che solitamente viene interrato con l'aratura, nel caso della semina su sodo è possibile localizzarlo nel solco di semina. L'azoto viene frazionato in copertura, e da alcune esperienze, in condizioni di clima secco, l'applicazione del concime azotato assieme ad una minore evaporazione dell'umidità dal suolo rispetto ad un terreno arato, ha come potenzialità quella di ottenere produzioni più elevate.

Riguardo le infestanti non si hanno grosse differenze con la lavorazione convenzionale, poiché la stessa coltura permette un certo controllo. Se necessario si può effettuare un diserbo con Glyphosate in pre-semina; in primavera si consigliano prodotti specifici contro graminacee o dicotiledoni, qualora presenti.

Tra le colture cerealicole il **mais**, nell'ambito della non lavorazione, risponde invece in maniera molto più variabile. Essendo una coltura a ciclo primaverile-estivo, svolge parte del suo ciclo in un periodo dove l'acqua può diventare fattore limitante. Per lo sfruttamento più efficiente della risorsa acqua, esso necessita di un buon apparato radicale, che lavorazioni molto superficiali non sempre riescono a garantire.

La riduzione del numero di piante per metro quadrato può determinare perdite produttive anche importanti, poiché la coltura non è in grado di sopperire in alcun modo a tale mancanza. La semina diventa quindi un'operazione che deve essere attentamente pianificata ed eseguita al fine di garantire una buona emergenza per un investimento il più possibile vicino a quello stabilito in via teorica.

Riguardo l'epoca di semina è buona norma che avvenga con temperature superiori ai 9-10°C, il che comporta un ritardo di 10-15 giorni rispetto alla semina tradizionale, poiché il terreno sodo risulta più freddo del lavorato (Pezzuolo e Sartori, 2012a). La profondità di deposizione del seme non deve avere valori inferiori ai 5-6 cm di profondità, poiché i semi più superficiali originano germogli con uno sviluppo più stentato. Considerando inoltre una velocità di avanzamento compresa tra i 4 e i 10 km/h, essa deve comunque cercare di evitare le doppie deposizioni.

Le dosi di seme necessarie non variano in riferimento a ciò che viene indicato dalle ditte sementiere, poiché la germinabilità del seme è garantita da specifiche prove e non cambia in riferimento alla tecnica adottata.

Da porre attenzione a come il terreno si presenta al momento della semina, poiché in condizioni di terreno a tessitura argillosa, accompagnato da condizioni di umidità elevata, si è rilevata la formazione di un solco di semina, in particolare quando usati assolcatori a disco, con una quasi assente quota di terra fine. Il seme così deposto non ha la possibilità di assorbire l'acqua ad esso necessaria. Il solco poi non viene chiuso correttamente, e un successivo periodo secco comporta l'apertura dello stesso con aumento del rischio di predazione da parte di diverse specie dell'avifauna. Nel caso in cui invece si verificano piogge abbondanti appena dopo la semina, il solco diventa un catino dove l'acqua, stando per alcuni giorni, permette a funghi agenti di marciumi di trovare l'ambiente adatto per l'attacco del seme.

Qualora il terreno si presenti compattato, soprattutto negli strati superficiali, la chiusura del solco è, anche in questo caso, non adeguata, con il rischio della formazione di zolle che formano una crosta superficiale tale da compromettere l'emergenza della coltura, con aumento delle fallanze.

La concimazione con fosforo avviene in modo localizzato alla semina. La concimazione azotata nell'ambito del no till presenta alcune criticità, poiché in questo caso la risposta della coltura alla distribuzione di azoto risulta inferiore a quanto accade nel caso delle tecniche convenzionali. Questo comporta la maggiorazione della dose di azoto distribuita per ottenere una resa equiparabile al convenzionale, questo per diverse ragioni: perdita di azoto disponibile per denitrificazione in N_2O ; riduzione della mineralizzazione della sostanza organica in primavera/autunno/inverno (ma in aumento durante l'estate); immobilizzazione dell'azoto nei residui colturali; limitazione dell'assorbimento dell'azoto nel suolo per una minore crescita dell'apparato radicale; compensazione della quantità di azoto per l'instaurarsi di condizioni inizialmente sub ottimali.

Questi effetti sulla disponibilità di azoto per la coltura, si manifestano soprattutto nei primi 2-3 anni di impiego del no till, poi, con gli equilibri che si vengono a concretizzare, essi possono determinare la riduzione degli apporti azotati e ridurre quindi gli oneri per la concimazione (Soane et al., 2012).

La ridotta mineralizzazione dell'azoto contenuto nel residuo superficiale e la maggiore immobilizzazione dell'azoto rispetto a quando il residuo viene interrato, esplica i benefici nel medio periodo, e quindi a fronte dell'aumento delle concimazione azotata iniziale, si determina una minore necessità successiva, data dall'aumento dell'efficienza d'uso dell'azoto collegata direttamente ad una minore perdita per lisciviazione.

La distribuzione di urea in copertura, non è seguita nel "sodo" da un successivo interramento. Questo comporta un'elevata perdita di ammoniaca per volatilizzazione. Dove non regolato da specifici limiti, è consigliabile un intervento con sarchiatrici appositamente concepite, allo scopo di interrare il concime azotato e smuovere anche se di poco il terreno, positivamente constatato durante la sarchiatura.

Anche le infestanti non sono un problema da sottovalutare per la coltura del mais, poiché la coltura non è in grado di attuare, soprattutto nelle prime fasi del ciclo, una efficace competizione (Figura 3). E' quindi necessario prevedere un intervento con Glyphosate alla dose di 0,5-1 l/ha in pre semina, allo scopo di liberare il terreno dalle infestanti che si sono sviluppate. Nel caso in cui la stagione non permetta interventi tempestivi è da valutare la trinciatura delle stesse infestanti, che con le loro dimensioni, ostacolerebbero le operazioni di semina.

In post emergenza si procede analogamente alla coltura convenzionale, con trattamenti erbicidi contro le principali infestanti nel mais, qualora queste abbiano superato una soglia critica definita a priori.



Figura 3. Incidenza delle infestanti in una coltura di mais. Prova di lungo periodo dove applicata per diversi anni la semina su sodo. In post emergenza è importante l'efficace controllo delle malerbe presenti.

Colture definite proteaginose, in particolare la **soia**, nelle sperimentazioni in confronto tra la semina su sodo con il convenzionale, non mostra grandi differenze.

Anche in questo caso la semina è un'operazione che richiede una particolare attenzione, poiché condizioni non ottimali del terreno possono compromettere l'emergenza della coltura, a causa di crosta superficiale, o l'incidenza di fallanze a causa di un solco di semina che rimane aperto, da un lato non permette una buona emergenza poiché non vi è un intimo contatto tra seme e terreno, dall'altro il seme presenta un maggior rischio di predazione da parte di uccelli.

L'epoca della semina viene anche in questo caso ritardata di 10-15 giorni rispetto all'epoca tradizionale a causa di una temperatura più bassa del terreno.

Il terreno deve essere in condizioni di umidità ottimali, osservabili con almeno uno strato superficiale asciutto, (2 cm) e sotto uno strato più umido (Pezzuolo e Sartori, 2012a).

La profondità del seme varia tra 1,5 e i 4-5 cm, tanto più superficiale quanto più è anticipata la semina. La profondità deve essere il più possibile regolare per evitare problemi di disomogeneità della coltura, soprattutto nel caso di appezzamenti con tessitura non omogenea. La quantità di seme può essere ridotta di circa il 10%, per cercare di ottenere una maggiore allegazione e un numero più elevato di baccelli per pianta (Pezzuolo e Sartori, 2012a).

La concimazione nell'ambito della coltura soia, non presenta differenze sostanziali a quanto previsto nella tecnica convenzionale. L'eventuale apporto di concime fosfatico è eseguito in modo localizzato contemporaneamente alla semina. Per il completo soddisfacimento dei fabbisogni di azoto è importante favorire la nodulazione al fine di un buon livello di azoto fissazione.

Le infestanti presenti sono quelle che normalmente si trovano nella coltura. Si prevede un intervento con Glyphosate in pre semina, e successivamente un controllo in copertura con coltura in atto, previa valutazione delle infestanti in particolar modo graminacee, quando presenti.

La tempestività delle operazioni di semina, in base alla quantità di residuo presente e alle condizioni del terreno, consentono per la soia l'introduzione nella rotazione come coltura di secondo raccolto, dopo grano, utilizzando le classi più precoci.

1.4 Possibili problematiche riscontrabili nella fase transitoria

1.4.1 Gestione dei residui e colture cover-crops

I residui colturali presenti sulla superficie del terreno sono la componente che universalmente distingue i terreni gestiti mediante tecniche conservative, in confronto ad convenzionali lavorazioni.

Oltre alla prevenzione dei fenomeni erosivi che rappresenta l'aspetto fondamentale utile della sua presenza, sono molti gli effetti che esso determina sulle caratteristiche del terreno e sul percorso della coltura. Funzione essenziale è la conservazione dell'acqua nel suolo con la promozione di migliori produzioni. Tale aspetto trova riscontro positivo per le regioni del sud-ovest Europeo, mentre nel nord Europa, in condizioni più umide, la presenza di residuo in superficie può costituire un problema.

Una loro ottimale gestione permette da un lato di sfruttare in modo efficace tutti i vantaggi che si possono ricavare dalla loro presenza in superficie, evitando che possano ostacolare le operazioni eseguite per la coltura seguente (Figura 4).



Figura 4. Apprezzamento prova di lungo periodo durante la semina su sodo della soia. Si noti il residuo presente sulla superficie del terreno.

La quantità di residui colturali che rimane sulla superficie dopo la raccolta è variabile in rapporto alle diverse colture. I cereali solitamente lasciano sul terreno una quantità di residuo pari a circa la produzione in granella. Per i cereali autunno-vernini la quantità di residui pagliosi si aggira tra le 6 e le 9 t/ha, dove i valori maggiori si registrano con le produzioni più elevate. Sotto l'aspetto quantitativo, tra le colture che producono abbondanti residui ci sono proprio i cereali autunno-vernini, il mais da granella e il sorgo. Mentre le colture come i cereali in genere di cui però viene raccolta la paglia, il mais raccolto allo stato ceroso, la soia, il girasole, sono colture che lasciano sul campo una quantità di residuo di molto inferiore alle precedenti.

La valutazione del residuo presente non comporta solamente considerazioni sotto l'aspetto quantitativo, ma è importante definire lo stato qualitativo tra cui: dimensioni (lunghezza e diametro), umidità e consistenza.

Prodotti umidi e fibrosi, come lo stocco di mais, o il fusto del colza (spugnoso all'interno ma con pareti esterne piuttosto lignificate) comportano una certa difficoltà di gestione, in considerazione degli organi lavoranti che si troveranno a operare in loro presenza. Un residuo secco e fragile come la paglia (quando trinciata) e le stoppie di grano, comportano invece una maggiore facilità di gestione.

Da considerare è inoltre lo stato di decomposizione dei residui, aspetto utile nella scelta degli utensili ad ancora piuttosto che a disco. Gli utensili ad ancora lavorano meglio nel caso delle quantità più basse di residuo, invece con abbondanti residui e poco sminuzzati eseguono un migliore lavoro utensili a disco.

Altri aspetti da considerare oltre a quantità e caratteristiche del residuo stesso, sono: l'altezza di taglio impostata durante la raccolta, se il residuo stesso è ancora attaccato

alle radici della coltura e la sua posizione rispetto alla superficie (perpendicolare oppure parallelo alla superficie).

Le tecniche per una buona gestione e un buon controllo del residuo mirano ad ottenere una omogenea copertura del terreno, tale da permettere una lavorabilità buona, soprattutto durante la semina, con i migliori risultati anche sotto il profilo agronomico. Alla base della gestione è sempre importante considerare le modalità di avvicendamento, poiché oltre ad alternare diverse colture, “turnando” anche singole varietà con una diversa produzione di residuo, risulta più facile la degradazione evitando la formazione di un “materasso” che possa rendere difficoltoso lo svolgimento delle operazioni colturali (Pezzuolo e Sartori, 2012a).

Durante la fase di raccolta la distribuzione e la trinciatura del residui viene appositamente eseguita con mietitrebbiatrici dotate di spargipaglia e trinciatore, per un omogeneo spargimento lungo tutto il fronte di lavoro (Figura 5). Infine, un ulteriore aspetto che deve essere regolato al momento della raccolta è l’altezza di taglio.



Figura 5. Particolare del trinciapaglia montato su una mietitrebbia. La paglia in questo modo viene distribuita su tutto il fronte di lavoro agevolando le successive operazioni.

Interventi specifici mirati ad uniformare la superficie interessata dal residuo, consistono nella lavorazione meccanica da effettuarsi con attrezzature specifiche a tale scopo.

Il trinciastocchi permette di distribuire sulla superficie residui abbondanti e di dimensioni apprezzabili. Per ottenere una buona uniformità è importante la regolazione dell’altezza e della lunghezza di trinciatura, utili a evitare la formazione di zone con quantità di residuo eterogenea. Consigliabili elementi ripartitori e convogliatori (Figura 6).



Figura 6. Operazione di trinciatura degli stocchi di mais

Altri attrezzi utilizzati per gestire la biomassa vegetale da trattare sono i rulli decespugliatori, attrezzature che vanno a compiere un'azione di rottura e sradicamento del residuo presente (Figura 7). La migliore qualità del lavoro avviene quando l'attrezzo viene utilizzato con velocità elevate ed è risultato efficace il riempimento di tali rulli con acqua, in modo da appesantire l'intero attrezzo per tutta la larghezza di lavoro.



Figura 7. Rullo decespugliatore utilizzato per il trattamento dei residui. Può essere montato anche anteriormente per la devitalizzazione di cover crop

La scelta dell'epoca di lavorazione va valutata considerando lo stato del residuo e le condizioni del terreno, poiché un residuo molto umido e un terreno poco portante comportano una rottura non ottimale e una distribuzione difficoltosa, con irregolarità all'interno dell'area lavorata.

La copertura del terreno, oltre al mantenimento dei residui colturali in superficie, è possibile anche attraverso l'introduzione nella rotazione di colture di copertura (cover-crops).

Tali colture sono inserite negli ordinamenti produttivi allo scopo di mantenere coperto di vegetazione il terreno, in quei periodi dell'anno dove, in merito agli avvicendamenti praticati, il terreno rimarrebbe privo di ogni coltivazione.

I benefici ottenibili dalle cover crops, oltre a quelli già espressi in merito al residuo, sono relativi alla produzione di una elevata biomassa, andando ad aumentare il contenuto di sostanza organica nel suolo. La costituzione di tale biomassa impedisce agli elementi derivanti dalla mineralizzazione della sostanza organica di venire persi per lisciviazione o scorrimento superficiale (Pezzuolo e Sartori, 2012a). Inoltre prevengono forme di inquinamento delle falde ad opera dei nitrati. La fissazione dell'azoto atmosferico ad opera di specie leguminose in simbiosi con microrganismi azotofissatori, permette di aumentare il livello di azoto nel terreno nel medio periodo. Azoto che viene messo a disposizione per circa il 40% per la coltura successiva, mentre la restante quota sarà utilizzata dalle colture coltivate nella seconda e terza stagione.

Nella gestione di una cover-crops, basilare risulta essere la scelta della specie, che deve soddisfare i principali aspetti colturali come una buona energia germinativa, una rapida emergenza oltre che un rapido adattamento e sviluppo in modo da contrastare con le infestanti. Le specie che vengono utilizzate tradizionalmente sono quelle appartenenti alle famiglie delle leguminose (es. veccia, favino, trifoglio) con lo scopo di fornire azoto fissato per via simbiotica alle colture da reddito che seguono come il mais ad esempio.

La semina della coltura intercalare deve considerare il ciclo della coltura principale. Qualora la coltura seguente sia un cereale autunno-vernino, la cover crop può essere seminata appena dopo la raccolta della coltura precedente, con semina diretta oppure anche a spaglio, nelle condizioni più idonee. Poco prima della semina del cereale principale viene interrotto il ciclo della coltura intercalare mediante un intervento meccanico (trinciatura) oppure devitalizzata chimicamente con erbicida non selettivo.

La semina successiva del cereale viene eseguita sempre con seminatrici per la semina diretta, oppure negli altri casi con tradizionale o minima lavorazione. Se invece la coltura che segue è una coltura a semina primaverile come il mais o soia, la gestione può prevedere la semina autunnale della cover-crop e la sua distruzione in primavera, prima della preparazione del letto di semina.

La devitalizzazione della coltura intercalare può avvenire in modo fisico (es. trinciastocchi, lavorazione del terreno) a cui può seguire un sovescio, un parziale interrimento o permanere in superficie per garantire un importante effetto pacciamante.

Alternativamente il controllo può avvenire chimicamente mediante erbicida non selettivo.

1.4.2 Compattamento del terreno

Le proprietà fisiche di un terreno dove si è applicato in modo continuo la tecnica della semina su sodo possono venire alterate dai ripetuti passaggi delle macchine agricole durante le varie operazioni colturali. Il danno che ne deriva è la compattazione dello strato più superficiale del terreno, di entità variabile a seconda della capacità portante che caratterizza il suolo, (correlato quindi ad una diversa suscettibilità dello stesso al compattamento) e le caratteristiche degli pneumatici utilizzati (Soane et al., 2012).

Il compattamento può essere definito come la riduzione permanente del volume apparente del terreno (Pezzuolo e Sartori, 2012a); mediante la misurazione della densità apparente è quindi possibile dare un'indicazione quantitativa del grado di compattazione. Una più alta densità è correlata a una maggiore resistenza alla penetrazione, il che permette una migliore capacità portante rispetto a un terreno lavorato (Soane et al., 2012).

Il monitoraggio di questo indicatore è importante al fine di controllare lo stato del terreno. Terreni che inizialmente non presentano il problema, dopo uno o due anni, possono mostrare un aumento della densità apparente, e questo è segnale di un maggior rischio di compattazione.

I principali effetti negativi che potrebbero verificarsi sono:

- Riduzione della porosità e della permeabilità del terreno;
- Riduzione dell'infiltrazione dell'acqua meteorica, riduzione della velocità di sgrondo, con aumento del rischio erosivo per il fenomeno del ruscellamento superficiale;
- Riduzione dell'aerazione, minore attività microbica e dei processi di ossidoriduzione;
- Aumento della denitrificazione e conseguente emissione di ossido di azoto, a causa di elevata umidità e cattivo drenaggio che portano a condizioni di anaerobiosi favorendo i processi riduttivi, accentuati dal verificarsi di abbondanti precipitazioni;

- Inidonee condizioni di crescita per le radici con maggiore difficoltà nell'assorbimento degli elementi nutritivi;
- Riduzione della produttività.

Introducendo la non lavorazione si assiste generalmente durante i primi anni ad una fase transitoria, dove si osserva un aumento della densità apparente e della resistenza opposta alla penetrazione. In questa fase, infatti, la struttura non ha ancora raggiunto il grado di stabilità tale da permettere una buona porosità. Dopo anni di consolidata tecnica il suolo mostra invece una struttura più stabile, non compatta, con una maggiore capacità portante (Soane et al., 2012).

Verifiche mostrano che dopo numerosi passaggi degli pneumatici su due appezzamenti (con 4 e 6 passaggi), lavorati con tecnica conservativa a confronto con tecniche convenzionali, l'effetto riscontrato della diminuzione di produzione di granella di orzo, in semina autunnale, è stato minore nel non lavorato rispetto al convenzionale. Questo suggerisce che il suolo non lavorato è risultato più resistente ai passaggi con le macchine.

Esperienze inglesi riportano che la formazione di uno strato compatto nei pressi della superficie in un terreno non lavorato ha ridotto già dalle prime fasi la crescita dell'apparato radicale, mostrando già inizialmente una difficile emergenza (Soane et al., 2012).

Perché la tecnica della semina su sodo possa essere continuamente adottata è quindi fondamentale attuare una efficace prevenzione delle cause che conducono al compattamento provocato dal transito dei veicoli sul terreno (Pezzuolo e Sartori, 2012b). Si realizza attraverso diverse modalità operative che coinvolgono sia direttamente le macchine che più in generale l'intera gestione delle operazioni colturali. Gli interventi diretti sulle caratteristiche costruttive della macchine sono rivolti sostanzialmente a diminuire la pressione che lo pneumatico esercita sul suolo, aumentando l'area di contatto pneumatico-suolo e agendo su:

- Pressione di gonfiaggio, che deve rispettare le indicazioni in funzione del carico e della velocità di avanzamento. Qualora sia eccessiva, determina compattamento e ridotta aderenza, se invece risulta inferiore al livello minimo, può verificarsi lo slittamento tra cerchione e tallone;

- Scelta di pneumatici a larga sezione, consentono di adottare pressioni di (0,4-0,6 bar) aumentando la superficie di contatto (Figura 8);
- Impiego di cingoli, caratterizzati dalla massima superficie di contatto, e da buona aderenza, sul terreno la pressione è molto bassa 0,25-0,40 bar (Figura 8);
- Gemellatura: consiste nell'accoppiare due pneumatici di ugual diametro esterno sullo stesso semiassale. E' un buon compromesso tra l'esigenza di ridurre il compattamento e gli elevati investimenti di uno pneumatico larga sezione (Figura 8);
- Aumento della velocità di avanzamento, permettono di ridurre le sollecitazioni riducendo il tempo di permanenza della macchina in campo.

Altri interventi sono rivolti poi alla gestione e alle modalità di esecuzione delle operazioni colturali, cercando di soddisfare una opportuna riduzione del numero di passaggi, mediante l'aumento della larghezza di lavoro oppure la combinazione di diverse operazioni effettuabili contemporaneamente.

La scelta del momento ottimale deve comunque essere attentamente valutato, in modo che possano essere conciliate la tempestività con il minore rischio di compattamento.

Obiettivo è rendere il suolo più resistente alle sollecitazioni, aumentando o preservando il contenuto di sostanza organica mediante una corretta gestione dei residui colturali e introducendo cover crops, mantenendo molta biomassa il più possibile negli strati più superficiali o introdurre prati e colture miglioratrici nella rotazione, seguendo i razionali concetti agronomici, permette di attuare una prevenzione di lungo periodo.



Figura 8. Alcune soluzioni adottate per ridurre il compattamento: pneumatici a larga sezione, gemellatura, cingoli

1.4.3 Gestione delle infestanti

Le perdite produttive causate dalle infestanti possono essere notevoli qualora le misure attuate non permettano un efficace controllo specialmente per le aziende che decidono di affrontare un programma di semina su sodo.

Diversi sono i cambiamenti che possono interessare la popolazione della flora infestante, dove sono molti i fattori determinanti tra cui il tipo di lavorazione, l'ambiente, le rotazioni, le colture praticate, oltre che epoche e tipo di gestione del problema infestanti (Soane et al., 2012). Diventa perciò fondamentale impostare una gestione che sia basata su una lotta dove siano integrate diverse strategie.

I meccanismi adottati dalle malerbe per la sopravvivenza si basano principalmente sulla dormienza del seme e sulla germinazione. La seed bank che nel tempo si costituisce in un terreno è variabile in base alla produzione di seme e la dispersione e viene ridimensionata con la germinazione, la predazione e la decadenza stessa del seme.

Studi al riguardo evidenziano che un basso disturbo del suolo durante le operazioni di semina, mantiene più del 75% dei semi di infestanti nel primo centimetro di profondità, mentre con un disturbo maggiore del suolo il 75 % di essi viene interrato tra 1 e 5 cm.

Una corretta gestione delle malerbe non può escludere nella strategia la rotazione e l'avvicendamento colturale, poiché rappresentano il primo mezzo nel controllo delle infestanti.

Misure preventive sono volte ad impedire l'introduzione di nuove specie all'interno della seed bank. Il rischio di contaminazione si ha inoltre quando i cicli vitali siano simili, permettendo l'inquinamento del prodotto durante le operazioni di raccolta. Utile perciò la pulizia degli attrezzi e delle macchine al fine di ottenere un prodotto privo di semi di altra natura.

La pulizia di canali, scoline e strade campestri permette poi di ridurre la riproduzione e la diffusione delle infestanti.

Altro importante aspetto da considerare è l'energia germinativa caratterizzante la coltura, o la specifica varietà. Una varietà con una maggiore energia germinativa ha più possibilità di vincere la competizione contro le malerbe proprio attraverso questa loro abilità. Una crescita più rapida favorisce così la coltura, occupando il prima possibile l'area destinategli, utilizzando per prima acqua, luce e nutrienti, a scapito dell'infestante.

Da notare che colture fitte come i cereali autunno-vernini, ma anche il colza, occupando in modo uniforme l'intero spazio a disposizione, limitano così di molto lo sviluppo dell'infestante. Per colture seminate a file come mais e soia, lo spazio tra le file consente, qualora venga prevista, un intervento di sarchiatura per estirpare le infestanti presenti.

La presenza dei residui colturali sulla superficie di terreni seminati su sodo hanno anche effetti sulle infestanti. Il residuo, infatti, creando ombreggiamento degli strati sottostanti, costituisce un deterrente per la germinazione; in molti casi inibisce l'anticipo della germinazione di certe specie di essenze infestanti (Chauhan et al., 2012). Residui superficiali di cover crops inoltre sopprimono la germinazione delle infestanti mediante il rilascio di sostanze allelopatiche, oltre alla limitata trasmissione di luce che arriva 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 leguminose (girasole, colza, segale, sorgo) possono sopprimere e soffocare le infestanti, sia attraverso una certa competizione oppure attraverso interazione con sostanze tossiche. La scelta di un miscuglio, consociando specie graminacee e dicotiledoni, presenta il vantaggio di una maggiore canopy, che porta ad una minore disponibilità di luce per le infestanti, limitandone la crescita anche nei periodi tra le colture principali.

Le informazioni sulla composizione della flora infestante nei diversi ambienti non sono di grande precisione in letteratura, poiché le variabili incidenti sono moltissime. L'ambiente Sud Europeo si caratterizza 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 (2004) le tecniche conservative favoriscono le specie perenni e annuali poiché esse non sono svantaggiate nel caso di una non completa 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 quindi parte integrante nella lotta, rappresentando una soluzione pratica ed efficace della moderna agricoltura per garantire produzioni soddisfacenti, esplicando i migliori risultati solo se inserito in un complesso programma di gestione.

Un erbicida sistemico non selettivo come il Glyphosate, normalmente è previsto per eliminare le diverse infestanti che si trovano a diversi stadi di sviluppo, liberando il terreno per la successiva semina. Importante è il rispetto del tempo necessario alla devitalizzazione dell'infestante prima di compiere qualsiasi tipo di operazione. In questo modo si consente un'adeguata emergenza della coltura, cercando che essa si trovi nelle fasi immediatamente successive ad uno stadio più avanzato rispetto all'infestante che emergerà più tardi, risultando meno competitiva.

Se da rilevamenti aziendali 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 (comunque precedentemente all'emergenza della coltura). La loro azione caratterizzata da attività residuale, va considerata per la loro distribuzione che deve essere prevista in relazione alla attesa emergenza delle infestanti. Rispetto al convenzionale, dove questo diserbo è molto più usato, in un terreno non lavorato, la presenza dei residui in superficie, può diminuire di molto l'efficacia del trattamento. Il residuo, infatti, è capace di intercettare l'erbicida, riducendo la quantità che effettivamente arriva al suolo, con conseguente riduzione dell'azione contro i semi delle infestanti (Chauhan et al., 2012). Il residuo può arrivare a intercettare dal 15% all'80% di erbicida applicato, riducendo così l'efficacia della molecola distribuita. La percentuale di sostanza organica può inoltre influenzare le performance di molte molecole attive nel suolo.

Il ridotto disturbo al suolo proprio della semina su sodo, in particolare con assolcatori a disco, determina un controllo molto basso per gli erbicidi di pre emergenza, in particolare per quelli caratterizzati da una elevata tensione di vapore (Chauhan et al., 2012), a cui segue quindi la necessità al ricorso ad erbicidi di post emergenza.

La scelta degli erbicidi di post emergenza e del momento di intervento risulta più complicata rispetto al convenzionale. Sebbene la maggior precisione offerta nel controllo poiché un precedente riconoscimento delle infestanti presenti permette la scelta del prodotto più adatto al controllo dell'infestante, l'eterogeneità degli stadi del loro sviluppo porta ad ottenere una più bassa efficacia del trattamento stesso.

Economicamente l'utilizzo di quantità maggiori di prodotti erbicidi rispetto ad una tecnica convenzionale, porta a ridimensionare il vantaggio economico che la semina su sodo comporta rispetto alle tradizionali lavorazioni. Tutte le pratiche agronomiche

quindi risultano più che mai importanti 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.

La ricerca si sta indirizzando per trovare soluzioni praticabili indirizzate verso la costituzione di cultivar che si caratterizzano per un alto vigore di partenza, che utilizzino al meglio la luce disponibile lasciando una quota disponibile per le infestanti più ridotta, altre vertono ricorrendo alle biotecnologie. Si stanno provando poi tecnologie per la distribuzione dei prodotti fitosanitari più efficienti e precise.

1.4.4 Aspetti fitosanitari

Le potenziali avversità di natura biotica, che determinano i principali danni durante i primi stadi di sviluppo sono diverse, e possono essere divise tra fitofagi (insetti ed altri artropodi), virus, funghi fitopatogeni, limacce. All'interno del singolo gruppo è importante individuare le specie realmente dannose, i fattori che favoriscono la loro pericolosità, l'incidenza del rischio nel reale contesto produttivo e i criteri e i metodi relativi la decisione di un eventuale trattamento qualora sia necessario ed economicamente conveniente (Furlan et al., 2009).

La non lavorazione lascia inalterata la superficie del terreno aumentando le probabilità di sopravvivenza degli organismi che risiedono in esso e nei residui colturali (House e Stinner, 1983). L'accumulo di molti residui vegetali in superficie offre infatti un ambiente adeguato per gli stadi svernanti di molti organismi patogeni (Dosedall et al., 1999).

L'adozione della rotazione colturale risulta una strategia fondamentale nella gestione degli organismi dannosi (House e Stinner, 1983), poiché alla variabilità colturale, è associata la riduzione delle popolazioni degli organismi dannosi delle colture (Hummel et al., 2002). Marasas et al. (2001); Holland e Reynolds (2003); Pullaro et al. (2006); Brévault et al. (2007) affermano che l'ambiente costituitosi con la non lavorazione è adatto a un elevato numero di predatori, principalmente Coleotteri Carabidi e Stafilinidi.

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

I parassiti che colpiscono le diverse colture, in relazione al nostro ambiente, sono principalmente: fitofagi (insetti ed altri artropodi), funghi fitopatogeni e virus. Gli attacchi possono riguardare le diverse fasi fenologiche in relazione alla diversa recettività dell'ospite e al grado di attacco del patogeno.

Il mais può subire i maggiori danni a causa dell'attacco di diversi fitofagi. Nelle prime fasi di sviluppo la coltura può essere attaccata da elateridi (*Agriotes* spp.) e nottue terricole (*Agrotis* spp.). Altri parassiti ipogei sono Miriapodi, maggiolino (*Melolontha melolontha*), grillotalpa (*Gryllotalpa gryllotalpa*), alcuni afidi radicali. Il danno riscontrabile sono erosioni sia all'apparato radicale, dove in alcuni casi può essere interessata anche la zona del colletto. La perdita parziale e/o totale della pianta di mais colpita, nel caso di forti infestazioni, può portare alla riduzione anche importante dell'investimento colturale.

Negli stadi successivi le maggiori perdite di prodotto sono dovute all'attacco di diabrotica (*Diabrotica virgifera virgifera*) e piralide (*Ostrinia nubilalis*). Per queste due avversità gli interventi agronomici attuabili a contenere il fitofago riguardano nel primo caso, la rotazione colturale, che sembra contenere efficacemente il fitofago mentre per la piralide è obbligatoria la sfibratura degli stocchi. E' da valutare però se sussistono differenze tra la coltura convenzionale, in confronto alla semina su sodo. Rimangono infatti in superficie gli stocchi dentro cui la larva matura sverna (Figura 9).

Gli afidi (*Rhopalosiphum*, *Metopolophium*, *Sitobion*, *Schizaphi*) e il raghetto rosso (*Tetranychus urticae*) sebbene si possano ritrovare all'interno della coltura, non determinano solitamente danni tali da giustificare uno specifico trattamento ma possono essere vettori di alcuni virus.



Figura 9. Piralide. Larve mature svernanti all'interno di stocchi e tutoli. Oltre allo sfibramento degli stocchi, viene consigliato l'interramento dei residui colturali

Nel terreno svernano la maggior parte dei patogeni del mais, ma solo alcuni di essi possono provocare danni quali marciume del seme e del germinello, moria delle piantine o infezioni radicali che possono evolvere successivamente in malattie della parte aerea, spostandosi in modo sistemico nella pianta (Furlan et al., 2009).

Inoltre il mais è ospite di altre malattie fungine quali: il carbone del mais (*Ustilago zae*), l'elmintosporiosi (*Helminthosporium turcicum* ed *H. maydis*) e marciumi dello stocco (*Gibberella zae* e *Fusarium*, forma asessuata di *Gibberella fusiikuroi*, che attacca la spiga). L'incidenza di marciumi dello stocco è risultata maggiore in condizioni di residuo superficiale presente, sebbene ibridi coltivati in presenza di residuo abbiano dimostrato di essere più produttivi e si siano caratterizzati da una taglia maggiore rispetto agli stessi coltivati su terreno nudo (Kumar, 2002). Il mezzo di difesa più efficace contro queste fitopatie è il ricorso a ibridi resistenti. Minimo tre anni di rotazione con frumento possono ridurre di molto l'incidenza di marciumi radicali, nei casi più severi (Abawi e Widmer, 2000).

Per quanto riguarda la soia, durante le prime fasi del ciclo gli attacchi di insetti non sono così rilevanti come invece si riscontra su mais. Si può comunque registrare la presenza di *Delia platura* (Dittero Antomide) (Figura 10) e di nottue (Lepidotteri Nottuidi) le cui larve possono trancare anche diverse piantine.



Figura 10. Danni visibili sui cotiledoni determinati da *Delia platura*

Su soia la riduzione del numero di piante può seguire l'attacco da parte di consistenti popolazioni di limacce. In altri casi, i danni sono provocati da uccelli che si nutrono dei cotiledoni che si aprono ad avvenuta emergenza e lepri che nutrendosi dei giovani germogli portano alla perdita di diverse plantule lungo le file.

Durante le fasi riproduttive della soia, il ragnetto rosso (*Tetranychus urticae*) determina sintomi facilmente riconoscibili quali macchioline giallastre prima e di colore bronzeo poi, con la perdita di un'importante quota parte dell'apparato fogliare fotosintetizzante. Altri danni in concomitanza della formazione del baccello, sono causati da cimice verde (*Nezara viridula*) e lepidotteri defogliatori. Interventi agronomici e la presenza dei predatori utili possono in molti casi controllare efficacemente il problema.

Per quanto riguarda i patogeni fungini, il numero di piante di soia non subisce grandi variazioni. Generalmente gli attacchi di alcuni Oomiceti come *Phytophthora megasperma* v. *sojae* e *Peronospora manshurica* sono controllati dalla scelta di cultivar resistenti. Per la *Phytophthora* è opportuno evitare la risemina di soia o altre colture recettive per almeno 4-5 anni, oltre che favorire un buon drenaggio del suolo.

Un'ampia rotazione, evitando di inserire colture suscettibili come girasole, colza e fagiolo è importante per ridurre al minimo il rischio di danno causato da *Sclerotinia sclerotiorum* (fungo, ascomicete) dato la prolungata permanenza degli sclerozi.

Per il frumento i danni che si possono registrare durante le prime fasi del ciclo produttivo riguardano possibili diradamenti della coltura a causa di alcuni insetti, che però non determinano in questo caso gravi danni. I principali insetti che possono essere riscontrati sono elateridi, in particolare *Agriotes lineatus*.

Sono diversi i patogeni fungini che possono aggredire il seme e successivamente i germinelli e le piantine durante le fasi che seguono la semina.

Gli attacchi al frumento, di origine fungina, che si possono avere nella prima parte del ciclo vegetativo sono relativi ai diversi patogeni che determinano il "mal del piede". Gli agenti principali sono *Gaeumanomyces graminis* e diverse specie di *Fusarium* (*F. culmorum*, *F. oxisporum*, *F. graminearum*) soprattutto. Vengono attaccate le radici e/o la parte basale dei culmi principali, oltre ai secondari. Le condizioni che favoriscono la malattia sono il ringrano, eccesso di umidità nel terreno, eccessiva densità di semina. Per *Fusarium*, sono predisponenti all'attacco una carenza di acqua e una temperatura elevata.

Per quanto riguarda le altre malattie che possono colpire il frumento si ricorda oidio (*Erysiphe graminis* f.s. *tritici*), septoriosi (*Septoria nodorum* e *Septoria tritici*), ruggini (*Puccinia graminis*, *P. recondita*, *P. striiformis*) e fusariosi della spiga (*Fusarium* sp.). Interventi agronomici utili a ridurre i fattori di rischio constano nell'evitare investimenti colturali eccessivi, e in riferimento alle esigenze nutritive della coltura, evitare di

eccedere con le concimazioni. In taluni casi è previsto un trattamento chimico da effettuarsi al superamento di precise soglie.

Il carbone (*Ustilago tritici*) e la carie (*Tilletia* sp.) attaccano il frumento durante la germinazione delle cariossidi. La difesa contro tali avversità è attualmente effettuata con la concia del seme utilizzando prodotti fungicidi.

Le malattie virali che possono essere rinvenute più frequentemente nelle coltivazioni sono: in frumento e mais quelle appartenenti al complesso del nanismo giallo dell'orzo (Barley yellow dwarf virus e Cereal yellow dwarf virus, rispettivamente BYDV e CYDW). Per la soia la più comune malattia virotica è il mosaico (SMV, Soybean Mosaic Virus). La loro trasmissione avviene ad opera di insetti vettori, quali afidi, che trasmettono il virus attraverso punture di assaggio. E' importante, al fine di limitare la trasmissione di questi virus, il controllo delle popolazioni di afidi, oltre ad un'attenta gestione delle infestanti che costituiscono un serbatoio di inoculo. Diverse sono infatti le infestanti ospiti di virus.

Elateridi

L'incidenza di elevate popolazioni di elateridi (Ord. Coleoptera; Fam. Elateridae) e/o di altri insetti del terreno in grado di influire sui livelli produttivi, è risultata molto ridotta, dalle molteplici osservazioni condotte negli ultimi 25 anni, mantenendosi al di sotto dell'1% della superficie coltivata complessiva (Furlan et al, 2011). La responsabilità degli attacchi da elateridi non è specifica di una singola specie ma vi sono diverse specie coinvolte con caratteristiche simili tra loro.

L'attacco è determinato dall'azione trofica degli stadi larvali che compiono erosioni sulle radici, a volte spingendosi fino alla zona del colletto. Le radici del mais perdono quindi la loro completa funzionalità, determinando un visibile appassimento della parte aerea e in certi casi la totale perdita della piantina di mais (alta suscettibilità fino allo stadio di 4-5^a foglia).

Il sintomo può evolvere con avvizzimento dell'asse centrale, fino alla completa perdita della pianta. Nel caso di un attacco più lieve, la pianta una volta perso l'asse principale, può dare origine a ricacci, solitamente però non produttivi. Qualora l'erosione non interessi l'apparato radicale, ma sia limitata alla sola zona del colletto, il sintomo visibile sulla pianta di mais è la comparsa di striature gialle sulle foglie. Questo sintomo può essere confuso, poiché una sintomatologia simile è caratteristica di alcune malattie

di origine virotica (Figura 11). In tal caso è consigliabile verificare la reale presenza delle larve mettendo a nudo l'apparato radicale per i primi 5-10 cm.



Figura 11. Caratteristico appassimento dell'asse centrale di una piantina di mais e striature gialle dovute a erosioni di elateridi nella zona del colletto

Sono insetti a ciclo pluriennale (Figura 12), per cui è 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.

Costanti monitoraggi (Furlan et al., 2009) hanno permesso di suddividere le specie in due gruppi. Da un lato le specie di cui gli adulti non svernano, sfarfallano in tarda primavera-estate, e vivono per meno di un mese; l'ovideposizione inizia pochi giorni dopo la completa formazione dell'adulto e si esaurisce entro pochi giorni (10-15 giorni). A questo gruppo appartengono le specie *Agriotes ustulatus* e *Agriotes litigiosus*. Al secondo gruppo appartengono le specie in cui gli adulti invece svernano, e vivono per molti mesi (anche un anno); l'ovideposizione si protrae per diversi mesi, dalla primavera fino all'estate. In questo gruppo rientrano le specie *Agriotes sordidus*, *A. brevis*, *A. lineatus*.

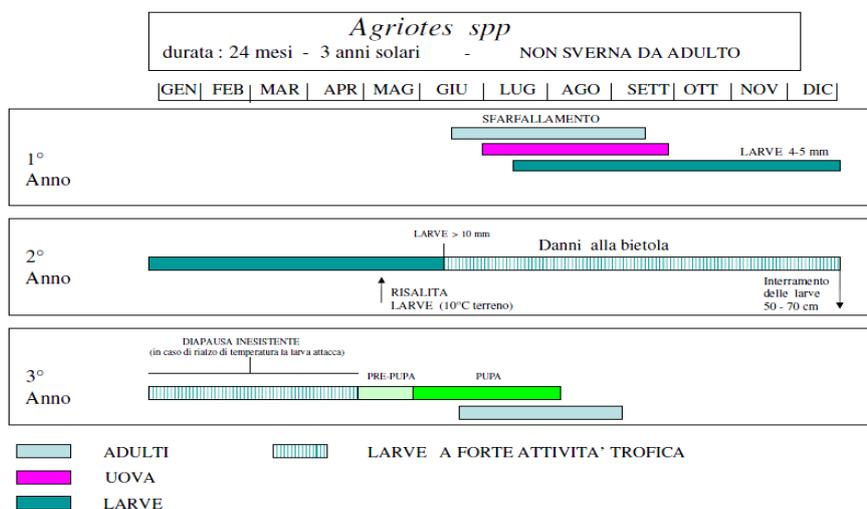


Figura 12. Ciclo biologico di *Agriotes* sp. (esempio riferito alle specie che non svernano come adulti), realizzato su bietola

I fattori che influiscono sulle diverse specie di elateridi che compongono le comunità presenti nel suolo, oltre che sulla densità delle larve stesse, sono molteplici. Riguardano principalmente la rotazione colturale, la disponibilità di risorse alimentari durante le stagioni, le condizioni climatico-agronomiche (in particolar modo il contenuto di sostanza organica) e le caratteristiche del suolo.

Vanno inoltre considerati gli ambienti circostanti con apprezzabile presenza di incolti, prati, siepi, zone boscate, oltre alle condizioni utili alla sopravvivenza dei primi stadi di sviluppo (giovani larve e le uova sono gli stadi più suscettibili a condizioni avverse):

- Precessioni colturali quali prati stabili (medicai, prati polifiti);
- Rotazioni con copertura vegetale continua;
- Terreni torbosi;
- Semina su sodo protratta nel tempo senza alcuna gestione dei residui

Il monitoraggio degli adulti di elateridi è effettuato utilizzando le note trappole Yatlorf (Figura 13) innescate con i feromoni sessuali delle varie specie, prodotti presso il Plant protection institute di Budapest.



Figura 13. Trappola Yatlorf utilizzata nel monitoraggio degli adulti di elateridi

Le soglie di danno valutate considerando le trappole attrattive, 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 è consigliato un intervento al terreno con geodisinfestante localizzato lungo la fila, contemporaneamente alla semina. Le sostanze attive utilizzate nella pratica sono: Clotianidin, Teflutrin, Clorpirifos, Zeta cipermetrina, in

formulazione granulare, alle dosi variabili tra 7 e 12 kg/ha. Il trattamento insetticida ha un'efficacia 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 che determinano un diverso grado di protezione delle giovani piante. Il clothianidin ha evidenziato una tendenza a proteggere le piante più a lungo rispetto ad altri prodotti già in commercio (Ferro e Furlan, 2012).

Il controllo chimico comporta diversi effetti impattanti sull'ambiente, dove in alcuni casi è risultato anche inefficace al controllo degli elateridi (Furlan, 2005).

Alcuni accorgimenti di tipo agronomico possono essere adottati al fine di ridurre il rischio di attacco. Furlan (2005) ha osservato che in tarda primavera un'elevata popolazione di *A. ustulatus* non ha determinato danni al mais, poiché molte delle larve si trovavano in una fase caratterizzata dalla non alimentazione. In semine tardive questo può quindi essere vantaggioso. A seguito di un monitoraggio continuo in cui siano state definite eventuali aree dove la popolazione di elateridi sia sopra soglia, sarebbe opportuno, qualora sia possibile 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 potenziali maggiori danni anche se limitati dal punto di vista economico.

Su mais, gli attacchi più considerevoli sono stati portati dalla specie migrante *Agrotis ipsilon*. Questa specie normalmente non è capace di svernare nelle condizioni dell'Italia settentrionale, e le pullulazioni sono determinate da massicci voli da sud (Furlan, 2009).

Il mais attaccato presenta profonde rosure a livello del colletto, determinate dalle larve di IV stadio come mostrato in figura 14. 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 piantina, con conseguente perdita della stessa. 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.



Figura 14. Mais con profonde erosioni a livello del colletto determinate da nottue terricole

Le larve, tipicamente terricole, sono 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 quarta età. In questo modo i dati ricavati sono utili per individuare dove e quando sia necessario intervenire con trattamenti tempestivi in post-emergenza alla comparsa delle larve di 4° stadio, qualora venga superata la soglia indicativa del 5% di piante attaccate alle 3-4 foglie (Furlan, 2009).

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.

Malattie fungine

L'applicazione delle buone pratiche agricole (BPA) riesce normalmente a contenere le infezioni da parte dei patogeni fungini. Misure agronomiche favorevoli all'accrescimento della coltura sono indispensabili durante il periodo di coltivazione per aumentare la sanità e la competitività della coltura (Bürger et al., 2012) essendo sfavorevoli alla comparsa e allo sviluppo dei funghi (Pezzuolo e Sartori, 2012a).

Residui non decomposti della coltura precedente rappresentano l'ambiente ottimale dove sopravvivere e svernare, per molte specie fungine. Il suolo stesso o la presenza di semente infetta costituiscono invece una fonte di inoculo generalmente secondaria (Pezzuolo e Sartori, 2012a).

Tra i patogeni che risiedono nel terreno si ricordano soprattutto alcuni Oomiceti, in particolare del genere *Pythium* (Abawi e Widmer, 2000). Annate particolarmente piovose e condizioni favorevoli ristagno di acqua in superficie, possono causare marciume del seme, dei germinelli e moria delle piantine, con danni anche apprezzabili (Figura 15).



Figura 15. Marciumi da *Pythium* su seme e germinelli di mais

Simili condizioni sono per la soia altrettanto rischiose, poiché favorevoli ad infezioni causate sempre da Oomiceti quali *Phytophthora megasperma* var. *sojae*, *Phytophthora sojae* (Dorrance et al., 2012) (Figura 16) e *Peronospora manshurica*.

L'infezione che interessa il seme durante la fase di germinazione, ha carattere sistemico, con sintomi specifici osservabili nelle diverse fasi del ciclo. Elevata energia germinativa e varietà resistenti sono importanti per ridurre il rischio di infezione.



Figura 16. Marciume causato da *Phytophthora sojae*. La soia può essere attaccata durante la fase di pre e post emergenza, favorita da condizioni di elevata umidità e clima mite

Tra i funghi veri che abitano il terreno si citano: *Fusarium* (diverse specie tra cui *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. solani*), *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*

I danni che si possono avere dall'attacco sono economicamente tollerabili, tranne che per *F. verticillioides* a causa del possibile scadimento qualitativo della granella per la presenza di micotossine.

Questo micete si conserva nel terreno come saprofita entro i residui colturali. 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 (Figura 17). 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.



Figura 17. 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 dell'inoculo nel terreno superiore ad una sola stagione produttiva, rende indispensabile prevedere un'opportuna rotazione con ritorno del mais nello stesso appezzamento non prima di due anni successivi.

La semina di ibridi rustici, a ciclo corto, possibilmente anticipando l'epoca di semina, e non eccedendo nell'investimento colturale, permettono di ridurre l'incidenza di eventuali stress del mais anticipando di conseguenza anche la raccolta e riducendo così l'incidenza degli attacchi di *Fusarium*. Concimazioni adattate all'ibrido utilizzato permette di non incorrere in fenomeni di carenza e/o eccesso. (Pezzuolo e Sartori, 2009).

Il seme di mais oltre a *Fusarium*, può ospitare all'esterno oppure internamente anche, *Penicillium Alternaria*, *Trichoderma* e *Aspergillus*, oltre ad altri di minore importanza. Nelle normali condizioni di coltivazione sono quindi molto bassi i rischi di fallanze dovute all'attacco da parte di questi funghi, piuttosto del più grave problema riguardante la contaminazione da micotossine.

Il ricorso alla concia del seme 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 stagionale e la bassa incidenza in circostanze normali, la concia non appare 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, e 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 tabella 2 (Furlan et al., 2009).

Famiglia	Genere	Nome della specie virale e sigla	Nome italiano del virus	Principali sintomi	Vettori principali	Tipo di trasmissione
Potyviridae	<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			
Luteoviridae	<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>	
	<i>Polerovirus</i>	Cereal yellow dwarf virus (CYDV-RPV)	virus del nanismo giallo dei cereali (già BYDV-RPV)		afidi - <i>Rhopalosiphum padi</i>	
	Non assegnati ad alcun genere	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>	
Reoviridae	<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

Tabella 2. Principali agenti virali che possono essere osservate su mais

I sintomi legati ai Potyvirus (MDMV e SCMV) sono riconducibili a mosaico e striature clorotiche, talvolta arrossamenti e necrosi delle foglie, dipendente dal ceppo virale e dal back ground genetico del mais (Furlan et al., 2009). La sintomatologia afferente ai Luteovirus del complesso del nanismo giallo dell'orzo (i vari BYDV e CYDV) è identificabile poiché determinano arrossamenti sulle foglie, disseccamento precoce della pianta e riduzione di produzione, 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, in concomitanza di temperature basse; 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, determina il raccorciamento degli internodi (nanismo) con tipico portamento della pianta a palmetta. Le foglie presentano piccole escrescenze

(enazioni) nella pagina inferiore lungo le nervature, conferendo la caratteristica ruvidità (Furlan et al., 2009).

Questi virus si conservano soprattutto in infestanti spontanee infette (graminacee ed altre) e possono venir trasmessi al mais da insetti. 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 quali afidi (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, quali frumento e altre graminacee, 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 che attualmente è il 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. E' da notare che la trasmissione è possibile anche attraverso seme infetto. Per questo una misura preventiva consta nell'impiego di seme sano, esente dal virus.

Limacce

Le limacce (Phylum: Mollusca; Cl.: Gastropoda; Ord.: Pulmonata; Fam.: Limacide e altre) possono costituire un problema per diverse colture. Le specie più frequenti sono: *Arion* sp., *Deroceras reticulatum* e *Tandonia budapestensis* (Figura 18)

Danni causati dalle limacce possono riguardare sia le parti aeree che quelle sotterranee delle colture. Essi consistono in erosioni delle parti vegetali di cui si nutrono.



Figura 18. Limacce. Principali specie che possono arrecare anche notevoli danni alle colture. Da sinistra i rappresentanti delle specie rinvenute più di frequente rispettivamente: *Arion*, *Deroceras*, *Tandonia*

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 più sensibili di mais e grano.

Una densa copertura vegetale, la crescita di cover crops, l'elevata presenza di residui vegetali e di sostanza organica indecomposta, presentano un più elevato rischio di infestazione. La presenza di siepi, fasce boscate o fossi inerbiti e prati, a margine degli appezzamenti, costituiscono adeguati rifugi per superare i periodi sfavorevoli.

La coltivazione con tecniche conservative hanno registrato un aumento del numero di limacce nel periodo successivo all'introduzione della tecnica.

L'importanza di una lavorazione più superficiale che arrechi un minor disturbo al terreno, sembra non costituire il fattore chiave relativo all'incidenza di tale fitofago, sebbene la probabilità della presenza di limacce risulti in aumento con le ridotte lavorazioni. La densa copertura delle infestanti e il microambiente più umido che si viene a costruire spiega il perché del maggior numero di limacce registrato negli appezzamenti coltivati con la semina su sodo rispetto alle tecniche convenzionali (Andersen, 1999). La più elevata copertura della flora infestante e un più alto livello di umidità nel terreno, sembrano essere quindi fattori determinanti (Andersen, 2003).

La lotta chimica si basa sull'utilizzo di fosfato ferrico o di metaldeide. Sebbene l'efficacia del trattamento chimico sia elevata, il costo relativo, rende questa pratica molto costosa soprattutto se sono molti gli ettari interessati dalla presenza di limacce.

Nel caso di zone in cui sia individuata l'origine dell'attacco da bordo campo, è possibile pensare ad un intervento che interessi solamente i lati dell'appezzamento.

1.5 Seminatrici per la semina su terreno non lavorato

La semina su sodo, nota anche come *no-tillage*, rappresenta quella tecnica di semina della coltura su terreno non precedentemente lavorato, dove l'unica lavorazione consiste nella creazione del solco per la deposizione e successiva copertura del seme (Derpsch et al., 2010), senza il ricorso ad nessun'altra tipologia di lavorazione preparatoria. Ciò comporta che il disturbo al terreno viene profondamente ridotto (profondità solco di semina circa 5 cm) e si mantiene in superficie la più alta percentuale di residui vegetali (fino a > 90%) in relazione alle altre tecniche conservative.

Le attrezzature utilizzate, rispetto alle seminatrici convenzionali, presentano organi che attuano operazioni di deviazione, taglio e incorporamento del residuo nel terreno prima del lavoro degli organi assolcatori, chiudisolco e di compressione.

Una preliminare valutazione delle capacità operative e un'accurata e rapida regolazione sono perciò aspetti fondamentali per permettere agli organi di lavoro di adeguarsi velocemente alle variazioni, in modo tale da garantire un continuo rispetto della profondità e distanza di semina.

Nell'ampia gamma di seminatrici da sodo sono state sviluppate sia seminatrici da sodo a righe che seminatrici da sodo di precisione. I diversi elementi che in molti casi le accomunano, sono variamente presentati con differenti soluzioni.

Nelle seminatrici a righe da sodo i numerosi elementi di semina sono disposti lungo il telaio su due ranghi paralleli o in un'unica linea, ma in posizione sfalsata tra loro (Figura 19). La disposizione su due ranghi può rendere difficoltose le operazioni di regolazione, pulizia e ordinaria manutenzione, a causa dell'ingombro definito dalla tramoggia, mentre con la disposizione sfalsata è possibile operare su ciascun elemento di semina dalla parte posteriore della macchina rendendo più agevole l'intervento dell'operatore (Pezzuolo e Sartori, 2011a).



Figura 19. Seminatrice da sodo a righe, in versione trainata, con assolcatori a disco. Le singole unità di semina comportano un certo peso della macchina. Opportune modifiche permettono in questo caso di effettuare con la stessa macchina, anche la semina del mais

La tramoggia si differenzia in base al sistema di trasporto e distribuzione adottato. Nelle tipologie a trasporto meccanico la tramoggia ha una larghezza pari a quella di lavoro, con una capacità di 120-200 dm³ per metro, raggiungendo complessivamente i 3000-4000 dm³. Con la modalità di trasporto pneumatico, la tramoggia è generalmente montata in posizione centrale e permette oltre al raggiungimento di una maggiore capacità, una maggiore facilità di carico non essendo condizionata dalla larghezza di lavoro della macchina.

Il sistema di distribuzione, a distribuzione e trasporto meccanico è composto da un albero rotante ad asse orizzontale posto sotto la tramoggia, dove sono montati i dosatori (generalmente a rulli scanalati) che alimentano per gravità i tubi adduttori. Il moto dell'albero deriva dal movimento delle ruote di supporto del telaio, oppure da motori idraulici o elettrici.

Nel sistema a distribuzione meccanica e trasporto pneumatico il seme dalla tramoggia passa mediante una luce regolabile ad un unico dosatore cilindrico scanalato. Il trasporto dei semi ai vari elementi avviene grazie ad una corrente d'aria prodotta da un ventilatore centrifugo azionato attraverso presa idraulica a doppio effetto o tramite presa di potenza. I semi una volta arrivati al ripartitore (centrifugo) di forma generalmente semisferica, vengono convogliati ai singoli tubi adduttori. Ne possono essere montati anche più di uno per mantenere costante la distribuzione lungo il fronte di lavoro, nel caso di elevate larghezze di lavoro.

La regolazione della dose si effettua sostituendo o variando il volume della scanalatura del rullo, o variando il regime di rotazione dello stesso attraverso un apposito cambio.

Nella maggior parte dei casi è previsto un cambio di tipo meccanico con serie di ingranaggi scorrevoli o sempre in presa, che permettono di variare il rapporto di trasmissione tra ruota e rullo. In diversi casi è invece impiegato un cambio a variazione continua. Presenti anche soluzioni di tipo elettronico, costituite da un motorino elettrico controllato da una centralina elettronica presente sulla trattrice.

Gli utensili a disco sono rappresentati da dischi folli (Figura 20) posizionati anteriormente agli assolcatori che eseguono una minima lavorazione direttamente sulla linea di semina tagliando il residuo culturale presente. Il taglio deve essere netto e preciso per evitare che lo stesso possa essere trascinato nel solco, impedendo l'adeguato contatto del seme con il terreno (Fallahi e Raoufat, 2008) o addirittura sollevarlo ed esporlo così all'aria.

Il disco, generalmente montato direttamente sull'elemento di semina, soprattutto per le seminatrici di precisione, sfrutta il parallelogramma articolato per lavorare il più possibile a profondità costante. Se collegato al telaio è invece provvisto di molla per adeguarsi alle irregolarità della superficie. La scelta del disco varia per tipologia e diametro, in funzione della profondità di lavoro, che non dovrebbe superare generalmente i 5 – 7 cm, solitamente di poco inferiore a quella di semina.

La forza-peso esercitata varia tra 100 e 200 kg ad è regolabile in base alle condizioni di intervento. E' importante che la penetrazione nel terreno non superi per più di un quarto il diametro del disco, consentendo di non variare l'angolo di taglio ideale e vincere inoltre la resistenza offerta dal residuo.



Figura 20. Principali tipologie di disco taglia residuo: (da sinistra) liscio, dentato, ondulato radiale, ondulato radiale corrugato nella parte esterna, ondulato tangenziale. La scelta è determinata in base all'obiettivo che si intende perseguire, aggressione del residuo e intensità della lavorazione del terreno

Gli assolcatori provvedono a creare il solco e deporre il seme alla profondità desiderata. Diverse sono le tipologie disponibili, generalmente quelli a disco sono i più usati.

Le seminatrici che li montano sono piuttosto pesanti dato che sono montati su singole unità di semina, per seguire perfettamente il terreno e garantire in tal modo una costante deposizione.

Molte sono le soluzioni messe a punto dai diversi costruttori. La prima è quella a singolo disco piatto e convesso con profilo liscio o dentato, solitamente di grandi dimensioni (diametro di 450 mm) e inclinato di circa 5-7° rispetto alla direzione di avanzamento. Talvolta è montata direttamente sul disco una zavorra cilindrica per mantenere una più costante profondità e un più energico sminuzzamento del residuo.

Si hanno poi assolcatori a doppio disco (Figura 21) costituiti da due dischi appaiati tra loro e leggermente divergenti nella parte posteriore e superiore. Il tubo adduttore si inserisce qui tra i due dischi. L'angolo di divergenza è proporzionato al loro diametro creando un solco variabile tra i 25 e i 75 mm.



Figura 21. Assolcatore a doppio disco affiancato da ruote di profondità

Modifica apportata agli assolcatori a doppio disco è data dalla costituzione di assolcatori a triplo disco, dove sostanzialmente a due dischi analoghi ai precedenti si va ad aggiungere un terzo disco dritto oppure a profilo dentato, che in posizione anteriore, ha la funzione di smuovere la sezione di terreno a cui segue poi un assolcatore a doppio disco.

Utensili montati a supporto dell'azione dell'assolcatore sono gli elementi definiti a "coda di castoro". Realizzati in materiale plastico o teflon, vengono montati posteriormente all'assolcatore e trattengono il seme e la terra fine nel solco di semina. Essi stabilizzano quindi il solco prima della successiva chiusura, scongiurando di dover impostare una eccessiva compressione superficiale che potrebbe influire negativamente sull'emergenza.

Con condizioni particolari (es. terreni a scheletro prevalente o con alto contenuto di argilla) dove le soluzioni a disco male si adattano ad essere impiegate, sono da preferire le tipologie di assolcatori a dente. Essi derivano da coltivatori a denti elastici, dove la semente è collocata nel solco aperto dall'ancora. Più semplici e economici degli assolcatori a disco trovano limitazioni nel caso di terreno plastico (Figura 22).



Figura 22. Seminatrice da sodo con assolcatori a dente. Richiedono una bassa potenza e si adattano a terreni ricchi di scheletro

Tipologia di assolcatori a dente che deriva dalla precedente sono gli assolcatori sottosuperficiali. Questi oltre al taglio verticale effettuano un taglio orizzontale mediante due alette poste inferiormente all'ancora, ripiegate di 90° nella parte distale. Le ancore costituiscono il solco di semina senza applicare specifici carichi, e la sua chiusura non necessita di appositi dispositivi chiudisolco.

In entrambi i casi la disposizione degli elementi ad ancora su più ranghi permette di ottenere una maggiore distanza fra gli elementi seminatori e ovviare a possibili intasamenti causati dal residuo. Gli assolcatori a dente non dispongono però di elementi specifici al controllo della profondità di semina.

Considerando gli assolcatori a disco, la profondità di semina è mantenuta costante con l'utilizzo di ruote di profondità in gomma o in metallo. Sono munite generalmente di raschiatore metallico, utile per evitare l'adesione del terreno alla ruota mantenendone così inalterato il diametro. La regolazione avviene per pressione, per angolo di incidenza e per posizione. In diverse attrezzature le ruote stesse agevolano anche l'azione di taglio operata dagli assolcatori.

Gli elementi chiudisolco sono finalizzati per ottenere un'ottimale copertura del seme oltre al contatto di esso con il terreno. Sono costituiti da un ruotino a profilo conico, a cui si aggiunge un elemento raschiafango. La compressione che può essere esercitata, se

non ben regolata, potrebbe lasciare il solco aperto, esponendo così il seme agli agenti atmosferici, predazione da parte degli uccelli e possibili attacchi di limacce.

A questi si possono aggiungere sistemi che ricoprono il seme utilizzando denti elastici dritti o inclinati all'indietro. I primi lavorano troppo in profondità e possono andare a disturbare il seme appena deposto, mentre la curvatura degli altri permette uno spostamento laterale e più superficiale del terreno (Figura 23).



Figura 23. Elementi chiudi solco costituiti da ruotino singolo, doppi ruotini con margine interno dentato, e denti elastici. In base alle condizioni è importante la loro regolazione al fine di avere una più omogenea emergenza successiva

Molte seminatrici sono predisposte per effettuare contemporaneamente alla semina, anche la concimazione localizzata. La tramoggia viene così ripartita potendo quindi contenere oltre alla semente anche il fertilizzante. La concimazione solitamente viene attuata direttamente dall'elemento di semina che lo colloca ad una profondità leggermente maggiore rispetto a quella del seme.

Le seminatrici di precisione da sodo (Figura 24) sono specifiche per la semina di colture a file. Tra le caratteristiche devono soddisfare un'ottimale gestione dei residui sulla linea di semina, l'indipendenza dei diversi utensili e il mantenimento della profondità di deposizione (Pezzuolo e Sartori, 2011b).

La distanza tra le file permette lo spostamento del residuo sull'interfila, mediante un suo energico allontanamento dalla linea di semina. Quando questo è possibile, permette di arretrare l'utensile deputato al taglio del residuo davanti all'assolcatore e accoppiare diversi utensili migliorandone quindi l'efficienza.



Figura 24. Sminatrice da sodo di precisione. Da notare la possibilità in questo caso di spostare il residuo nell'interfila potendo così accorciare le distanze tra gli utensili e ottenere una maggiore efficienza

Gli elementi di semina sono collegati al telaio generalmente mediante parallelogramma che permette il movimento verticale dell'organo seminante, così da seguire il profilo del terreno rendendo indipendenti gli elementi. Il telaio, oltre ai modelli fissi, nel caso si elevate larghezze di lavoro, può essere ripiegato con diverse soluzioni, a ripiegamento orizzontale, a ripiegamento verticale e a ripiegamento telescopico.

Le singole unità di semina sono costituite da una tramoggia, il sistema di distribuzione, gli organi di lavorazione del terreno, gli organi di chiusura del solco e di controllo della profondità.

Si distingue anche in questo caso, un sistema di distribuzione di tipo meccanico o di tipo pneumatico. Il sistema meccanico è costituito da dischi diversamente conformati e provvisti di piccoli alveoli alimentati per gravità. Sono diffusi sistemi a disco verticale dove selettori di diversa tipologia si adattano in funzione del tipo di seme. Tali sistemi richiedono che la semente utilizzata abbia un alto grado di omogeneità.

Nei sistemi di distribuzione pneumatica la differenza di pressione generata da un ventilatore fa sì che sul disco forato rotante, normalmente verticale, il seme venga trattenuto per poi essere rilasciato nei tubi adduttori. La distribuzione può avvenire sia in depressione sia in pressione. Con la prima i semi vengono aspirati e posizionati su un disco rotante a corona forata, dove un selettore elimina i semi in eccesso e un espulsore può andare ad agevolare la successiva caduta. Con la distribuzione pneumatica in pressione invece, l'aria permette l'aderenza del seme con l'alveolo del disco alveolato. Con questo sistema eventuali semi in eccesso sono espulsi, e l'aria stessa permette il trasporto del seme. E' necessario un preciso controllo al fine di evitare irregolarità di deposizione.

Il ventilatore-depressore viene azionato idraulicamente poiché consente una maggiore affidabilità rispetto all'azionamento tramite pdp. Il moto al sistema di distribuzione è trasmesso dalle ruote di trasmissione o in altri casi da un motore idraulico o elettrico. La velocità del disco è variata mediante un cambio, indipendente o centralizzato, dove si possono notare cambi meccanici a cui si aggiungono anche cambi a variazione continua o tipologie elettroidrauliche.

Utensili spostaresiduo liberano la linea di semina prima del passaggio dell'assolcatore formando una banda larga 100-150 mm libera dai residui senza lavorare il terreno stesso. Sono rappresentati molto spesso da vomerini, adatti soprattutto con basse quantità di residuo oppure con scheletro abbondante o da una coppia di ruote stellate montate folli su supporti elastici e angolate rispetto alla direzione di avanzamento. Hanno possibilità di regolazione sia dell'inclinazione che dell'altezza. Questi dischi stellati operano efficacemente nel caso di abbondanti residui (Figura 25).



Figura 25. Utensili spostaresiduo. Nel primo caso sono montati vomerini spostaresiduo, mentre nel secondo una coppia di ruote stellate libera la linea di semina da abbondanti residui

Gli utensili aprisolco fondamentalmente sono analoghi a quelli visti in precedenza, dove però le ridotte distanze tra gli utensili lungo la linea di semina aumentano l'efficienza di esecuzione dell'operazione.

Gli assolcatori hanno caratteristiche del tutto analoghe a quelle già descritte, dove è comunque da sottolineare che tra le soluzioni, nel caso specifico, gli assolcatori a doppio disco sono quelli maggiormente impiegati.

Ruote di profondità sempre in gomma o in metallo, garantiscono una regolare profondità di deposizione del seme. Singola a lato, o doppie montate ai lati degli organi di deposizione, contribuiscono contemporaneamente anche alla pulizia degli organi assolcatori. Una loro maggiore larghezza, le rende sensibili ad un elevato residuo e

quindi non garanzia di una uniforme profondità di semina. Ruote più strette invece comprimono molto il residuo.

Gli elementi chiudisolco di diversa tipologia e conformazione devono essere adeguatamente impostati per evitare che il solco possa rimanere aperto, soprattutto in terreni tenaci e umidi. E' possibile agire con l'aumento della pressione sulle ruote chiudi solco mediante molla di carico oltre che le possibili variazioni di angolazione e posizione delle ruote stesse. Prevedere dischi preparatori che siano in grado di produrre una certa quantità di terra fine può risolvere in molti contesti il problema di una non perfetta chiusura del solco di semina (Figura 26).



Figura 26. Elementi chiudisolco costituiti da una coppia di ruotini a V. L'inclinazione sul piano verticale consente di riportare sulla linea di semina una maggior frazione di terreno smosso dall'assolcatore, accentuato da utensili a margine dentato come quelli di sinistra

La capacità di lavoro di queste attrezzature permette di arrivare a coprire circa 3 ha/ora, con velocità di avanzamento che sono comprese tra gli 8 e i 12 km/h.

Gli obiettivi che molti costruttori cercano di soddisfare sono la versatilità e la polivalenza che la macchina può offrire. La ricerca è rivolta ad un adattamento a diverse condizioni operative e gestionali, oltre che la possibilità di combinare la distribuzione del concime. La possibilità di introdurre sistemi di precisione possono aiutare per una maggiore razionalizzazione delle dosi di semente e concime distribuite, in relazione a dati precedentemente rilevati sulla produttività del terreno. In questo modo si può intervenire variando il regime di rotazione dell'elemento distributore, nei sistemi più avanzati anche in continuo durante la semina, seguendo i dati a disposizione.

1.5.1 Principali problematiche operative

Rispetto alla tecnica convenzionale, dove la semina avviene con seminatrici tradizionali che operano su terreno lavorato, le seminatrici da sodo operano in condizioni meno agevoli poiché molto spesso deve gestire residui colturali presenti in superficie. Per la semina su sodo quindi è importante considerare la capacità della seminatrice di penetrare nel terreno alla profondità richiesta, al fine di rispettare la giusta profondità di semina, necessaria per una ottimale emergenza della coltura (Karayel, 2009). Problemi di compattamento sia superficiale, che sotto superficiale, pongono infatti seri limiti alla tecnica, poiché la sola lavorazione compiuta con la seminatrice non garantisce in questo caso un corretto sviluppo e approfondimento dell'apparato radicale.

Operare con quantità notevoli di residuo (Figura 27) non correttamente gestito, può creare condizioni inidonee per la germinazione del seme poiché è molto facile che ne venga introdotta una quantità troppo alta all'interno del solco di semina. Il seme così non trovandosi a diretto contatto con il terreno non trae l'umidità necessaria per attivare i processi germinativi. Per questo sistemi per condizionare, o spostare il residuo nell'interfila sono da valutare per ottenere una maggiore precisione della semina, oltre che limitare il più possibile il ritardo dell'emergenza.



Figura 27. Superficie di un terreno non lavorato da diversi anni. Da notare anche la composizione del residuo, dove sono presenti residui pagliosi e stocchi di mais derivati dai precedenti cicli colturali

La corretta funzionalità dell'operatrice soddisfa fondamentali obiettivi quali: l'uniforme deposizione del seme alla profondità impostata e l'adeguata spaziatura tra le piante al fine di ottenere la densità di piante progettata (Raoufat e Matbooei, 2007), con la

garanzia di un adeguato contatto tra seme e suolo possibilmente rispettando i valori impostati.

Una distribuzione uniforme del seme fornisce ad ogni pianta il massimo spazio destinabile, con risultati produttivi migliori in relazione alla riduzione delle competizioni intraspecifica (Karayel et al., 2006). È importante ottenere un buon livello di precisione anche per le colture seminate a righe come il frumento, poiché permette di controllare meglio la produzione, dove tra i vari fattori, risulta più controllabile anche l'indice di accostamento. L'efficiente controllo della dose di seme soddisfa anche un certo risparmio sulla dose di semente utilizzata.

Verificare costantemente che la macchina funzioni correttamente, assieme ad una opportuna manutenzione delle parti usurate o difettose, è indispensabile per evitare danni causati da deposizioni non regolari che possono determinare irregolari o mancate deposizioni all'interno della coltura.

1.5.2 Elementi di regolazione

Le diverse condizioni operative e la possibilità di seminare colture con dimensioni del seme molto diverse, richiedono di poter modificare la macchina agendo su diverse regolazioni che permettono di impostare la macchina per ogni singola coltura. (Figura 28).



Figura 28. Particolare di una seminatrice da sodo

L'utensile che effettua la lavorazione è montato anteriormente e precede i successivi dispositivi di semina. Il disco, liscio o di conformazione ondulata, effettua il taglio

verticale del terreno e lo prepara per la costituzione del solco di semina, ultimato dall'assolcatore a doppio disco.

La lavorazione compiuta da questo disco può essere variata all'interno di un preciso intervallo, mediamente da un minimo di 5 cm ad un massimo di 8 cm di profondità. La larghezza interessata dalla lavorazione rimane costante, solitamente 3 cm, poiché definita dalla geometria del disco. La profondità di lavorazione del disco va comunque regolata in relazione alla profondità impostata per gli assolcatori, la prima deve superare di almeno 1 cm la seconda (Figura 29).

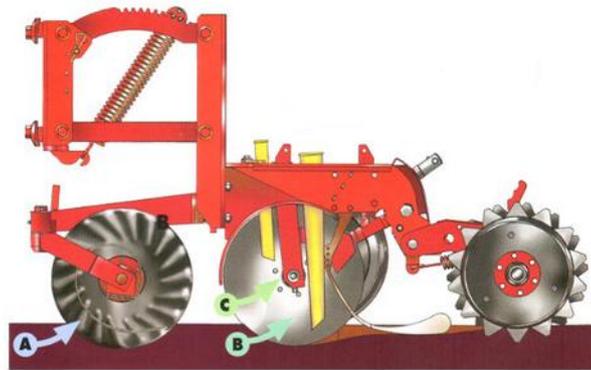


Figura 29. Elemento di semina. La profondità di lavorazione del disco (A) va regolata in relazione alla profondità impostata per gli assolcatori (B), la prima deve superare di almeno 1 cm la seconda

Le diverse conformazioni del disco permettono di equipaggiare la macchina in base alle prevalenti condizioni di terreno e residuo su cui si intende operare. Un disco liscio si caratterizza per un taglio preciso del terreno e del residuo, con risultati ottimali nelle condizioni di terreno in tempera. La scelta di conformazioni variamente ondulate, permettono di eseguire invece una maggiore aggressione della superficie del terreno, riducendo però la loro azione sul residuo. In qualche caso il disco stesso, tende addirittura a svuotare troppo il solco di semina e, se segue poi a tale inconveniente un periodo con assenza di precipitazioni, il solco (soprattutto in terreni argillosi), tende ad aprirsi, lasciando scoperto il seme e facilitando la sua predazione da parte dell'avifauna, insetti o altri artropodi.

Nel caso del mais in particolare, l'allargamento del solco può causare la rottura delle radici primarie, oltre che diminuire la stabilità della pianta, poiché viene meno il sostegno offerto dal terreno, trovandosi il colletto privo di una certa copertura. Si ha quindi un aumento nel caso in esame del rischio di allettamento per la pianta (Figura 30).



Figura 30. Disco ondulato tangenziale (a destra). A sinistra si può vedere un appezzamento di mais seminato con terreno umido, il solco una volta aperto lascia scoperta la zona del colletto. Il rischio allettamento può essere piuttosto pronunciato

Un aspetto che si può verificare in terreni ricchi di argilla è la difficile percolazione dell'acqua in concomitanza di eventi piovosi, che rendono il solco di semina simile ad un "catino". Il rischio di anossia e di più frequenti attacchi fungini, può portare nei casi più gravi, alla completa perdita della semente, esponendo ad un notevole rischio fallanze.

La presenza di residui colturali abbondanti possono costituire un serio problema. Infatti, qualora il disco effettui un taglio dei residui non corretto, può introdurre una quota anche rilevante nel solco di semina. Le condizioni peggiori si sono dimostrate quando il residuo è umido e quando in diverse condizioni le pareti in formazione del solco di semina sono deboli. Il seme deposto su un letto costituito da residui, non trova le condizioni di umidità ottimali necessarie alla germinazione.

Il taglio del residuo può essere facilitato montando un utensile a pattino, a lato del disco, che lo blocca e ne consente il taglio. La sua presenza non ha però portato a risultati significativamente soddisfacenti.

L'installazione del row cleaner può rivelarsi una valida soluzione. Tale dispositivo (Figura 31) è costituito da una coppia di dischi uncinati, convergenti e montati in posizione anteriore al disco. Permette, per le colture seminate a file, di spostare i residui ai lati del solco di semina.



Figura 31. Row cleaner. A destra il residuo scalzato dalla linea di semina permette di migliorare l'emergenza

Lungo la linea di semina, liberata dal residuo, si costituisce perciò un ambiente più somigliante ad un terreno lavorato, con condizioni più adatte in termini di temperatura. Un'ottimale emergenza, unita ad una crescita, che già dalle prime fasi non risulta ritardata, permette di esaltare le performance produttive della coltura (Raoufat e Matbooei, 2007).

La profondità di semina viene regolata variando l'altezza delle ruote di profondità e delle ruote posteriori chiudi-solco. La regolazione è effettuata mediante un perno regolatore di profondità, che si muove lungo una scala forata. Lo spostamento permette di ottenere variazioni di un centimetro, di 0,5 cm invece ruotando di 180° il perno stesso qualora venga prevista anche questa regolazione (Figura 32).

Le ruote di profondità, garantiscono una più costante uniformità quando risulta correttamente installato un elemento raschiafango che toglie il terreno che aderisce sulla periferia della ruota che le mantiene così costantemente pulite.

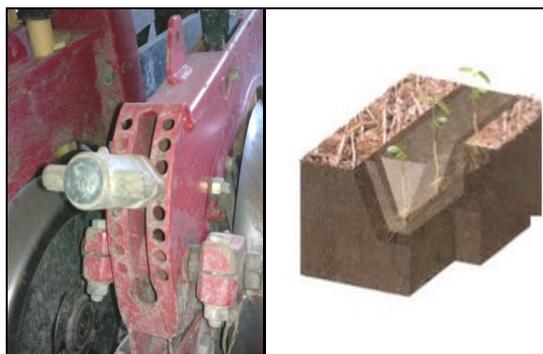


Figura 32. Perno di regolazione della profondità di semina e conformazione del solco

Nel solco costituito dagli assolcatori cadono quindi il seme e anche il concime. In relazione alla quantità e al tipo di concime distribuito alla semina è bene verificare possibili effetti fitotossici che possono avere ripercussioni sull'emergenza.

Posteriormente all'assolcatore l'installazione del dispositivo premi-seme (Figura 33) forza il contatto tra seme e terreno all'interno del solco di semina, offrendo un maggior contatto con la terra fine.



Figura 33. Dispositivo premi granella

Le ruote posteriori chiudisolco, dentate, (Figura 34) devono assicurare una perfetta chiusura del solco di semina, operazione non sempre scontata nel contesto della semina su sodo. Normalmente è prevista una doppia regolazione: angolo di attacco e pressione esercitata sul terreno.



Figura 34. La regolazione dell'angolo di attacco avviene mediante bullone, mentre la pressione esercitata sul terreno viene variata posizionando la leva nelle diverse sedi

Le due regolazioni permettono di ottenere tre diverse conformazioni per meglio adattarsi al seme appena deposto e ottenere una ottimale copertura, come mostrato in figura 35.

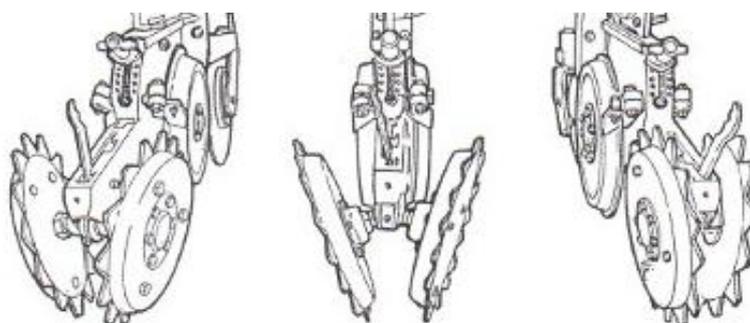


Figura 35. Diverse configurazioni per i ruotini chiudi solco

La migliore copertura del solco è ottenuta in terreni di medio impasto e sabbiosi, nelle più prossime condizioni a quelle di tempera. Un terreno secco, per tutte le tipologie di terreno, non comporta problemi rilevanti. In altri casi si può verificare la formazione di zolle di dimensioni tali da impedire al coleoptile di forare il terreno, impedendo alle plantule di emergere correttamente (Figura 36). A questo si aggiunge anche una bassa superficie di contatto del seme con il terreno che ne ritarda l'emergenza.



Figura 36. In terreni argillosi e umidi i chiodisolco riescono comunque ad incidere il terreno, ma non riuscendo a frantumarlo, originano una zolla pressoché continua che impedisce alla plantula di emergere dal terreno

La pressione gravante sui singoli organi può essere variata con diverse modalità. Diversi modelli attuano una diversa pressione posizionando la molla di carico nei diversi punti ricavati sui bracci del parallelogramma articolato, in molti casi definiti da una scala graduata. Il peso complessivo gravante sui vari parallelogrammi è modificabile variando la corsa dei due martinetti di sollevamento. Una soluzione è quella di aggiungere o rimuovere specifici anelli modificando così la corsa del pistone (Figura 37).



Figura 37. Molle di carico con le diverse posizioni possibili. A lato gli anelli che vanno a variare la corsa dei due martinetti idraulici

Un importante criterio di valutazione delle performance di una seminatrice è la spaziatura uniforme dei semi (Karayel et al., 2006). Questo aspetto deve essere garantito da un sistema di distribuzione efficiente e preciso.

La rotazione dei dosatori si ha grazie al moto impresso dalle ruote di sostegno mediante una trasmissione comunemente a catena. La trasmissione si compone anche di diverse tipologie di cambi. Cambi di tipo meccanico arrivano fino a 81 rapporti, per la scelta del rapporto più adatto alla quantità di seme programmata da distribuire.

La semina di precisione delle colture a file è prevista solo per alcuni modelli dove è installato un sistema di distribuzione pneumatico che viene servito da un circuito idraulico che prende il moto dalla presa di potenza del trattore. Il principio di funzionamento del sistema è quello di generare un flusso d'aria in pressione. Le placche di semina (Figura 38), sono costituite da una serie di alveoli di dimensioni diverse, in base al seme utilizzato. Sono costruite in policarbonato, sono trasparenti e risultano di facile ispezione e pulizia. L'aria ricevuta in pressione fa sì che il seme che rimane nella cella riceva una quantità di aria proporzionale alla superficie investita. In questo modo non è necessario intervenire variando la pressione del flusso d'aria generata sugli alveoli.



Figura 38. Sistema di distribuzione pneumatico in pressione, particolare di una placca di semina trasparente

La corretta distribuzione comporta la scelta della placca più opportuna, adeguata al seme che si intende seminare. La pressione va regolata in base ai valori indicati in merito alle caratteristiche del seme e la regolazione dell'utensile a spazzola deve prevedere una incidenza adeguata per eliminare i semi in eccesso che si possono depositare negli alveoli, in modo che ogni singolo alveolo contenga un unico seme.

La non corretta impostazione è causa di fallanze o doppie deposizioni. Nel primo caso fallanze si possono registrare a causa di placche con alveoli troppo piccoli rispetto alle dimensioni del seme utilizzato, una pressione troppo bassa dovuta ad un numero troppo basso dei giri della pdp, e una incidenza marcata dell'elemento a spazzola che quindi va a togliere semi che dovrebbero invece rimanere nella cella per essere distribuiti. Nel caso contrario si possono avere invece doppie deposizioni.

Da moltissime esperienze risulta che la velocità ottimale da mantenere per ottenere il maggior grado di precisione è di 7 km/h. Un valore di velocità inferiore può incrementare la dose di seme utilizzata o essere causa di doppie deposizioni. Velocità maggiori sono invece causa di una mancata deposizione del seme, correlato anche da più alto rischio di ingolfamenti della macchia, soprattutto nei casi di maggior residuo. In presenza di una superficie non regolare sono da evitare velocità sostenute in quanto comportano un peggioramento dell'uniformità della coltura seminata.

CAPITOLO II – OBIETTIVO DELLA TESI

L'obiettivo della tesi è quello di valutare gli effetti delle lavorazioni del terreno sulle principali cause di riduzione dell'investimento nelle colture di mais e soia.

Da un punto di vista sperimentale, si sono poste a confronto superfici gestite con tecniche di lavorazioni convenzionali e tecniche di semina su sodo.

I siti sperimentali di osservazione ricadono nelle tre principali aziende pilota di Veneto Agricoltura site a Mogliano Veneto (TV), Ceregnano (RO) e Caorle (VE).

La notevole diversità pedoclimatica e la presenza di uno schema sperimentale di confronto rappresentano aspetti particolarmente utili per valutare gli effetti delle lavorazioni sulla riduzione dell'investimento ma, in linea generale, permettono di valutare il grado di adattabilità delle tecniche conservative alla realtà veneta.

CAPITOLO III – METODOLOGIA SPERIMENTALE

3.1 Il protocollo sperimentale applicato

I rilievi di campo effettuati nelle tre aziende sulle superfici gestite con diversa tecnica di lavorazione hanno visto lo svolgimento di 4 fasi operative.

1) La prima fase è definita da una serie di osservazioni al fine di “fotografare” l’appezzamento all’epoca del rilievo. Definito precisamente lo stadio fenologico della coltura, viene dato un giudizio globale sullo stato della coltura stessa e il grado di uniformità dello stesso.

2) Completata la prima fase che definisce così 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 subparcelle considerando aree il più possibile rappresentative della condizione di campo. In appezzamenti di lunghezza considerevole vengono scelte 3 subparcelle per una migliore rappresentatività delle condizioni del campo.

La subparcella di rilevamento, per convenzione, ha una lunghezza di 20 m e interessa 7 file della coltura.

3) Una volta individuate le subparcelle si procede a conteggiare per ogni fila il numero di piante totali emerse e il numero di piante che presentano sintomi diversi. 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.

Su 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.

- 4) L'ultima fase riguarda l'osservazione di almeno 20 rilevazioni di fallanze. Sono analizzate le possibili cause di fallanze accertando primariamente se si tratta di un eventuale danno da uccelli, altri animali, artropodi in superficie. Successivamente si scava per individuare il seme o la plantula al fine di accertare una più precisa causa tra i diversi possibili fattori. Le cause individuabili sono tra: semi non deposti, semi deposti predati da uccelli o animali selvatici, semi non germinati con presenza o meno di rosure, piante in emergenza erose o non erose, causa difficile da definire (Pezzuolo et al., 2013).

Per il mais vengono effettuati due rilievi, il primo a circa 3 settimane dalla semina, a cui segue un secondo a circa 10-15 giorni dal precedente (Figura 1) mentre per la soia il primo rilievo viene solitamente effettuato 15 giorni circa dopo la semina (Figura 1) a cui si aggiunge un secondo rilievo nelle fasi successive.



Figura 1. Esempio di subparcella indicata da una palina dove sono stati condotti i rilievi su mais (a sinistra). Primo rilievo su soia (stadio cotiledonare – primo nodo). Danni causati dalla formazione di zolle che hanno impedito una ottimale emergenza (a destra)

3.2 Descrizione delle aziende

Azienda Agricola Sasse Rami – Ceregnano (RO)

L'azienda pilota e dimostrativa Sasse Rami, sita in comune di Ceregnano (RO), è costituita da due corpi aziendali staccati con superficie complessiva di 214 ha circa di cui 190 ha di S.A.U. I terreni presentano una tessitura prevalentemente di medio impasto. Sono definibili alcune aree all'interno di diversi appezzamenti dove il contenuto di argilla è più elevato rispetto alla tessitura media. Il pH si aggira attorno alla neutralità.

La S.A.U. è prevalentemente destinata a seminativi ma sono anche ospitati impianti di diverse 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. Una superficie di 15 ha è destinata a una prova di medio-lungo periodo, giunta ormai all'ottavo anno, sull'agricoltura conservativa con il confronto tra minima lavorazione, semina su sodo e agricoltura convenzionale.

A tale sperimentazione, dal 2010 se ne è aggiunta una ancor più ampia ed approfondita, che interessa oltre il 50% della SAU, con il confronto tra appezzamenti gestiti secondo le prescrizioni della sottomisura 214/i azioni 1 ed 2 del PSR e terreni convenzionali.

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, 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 per la maggior parte 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). Come tutte le altre aziende di Veneto Agricoltura, anche l'Azienda pilota e dimostrativa "Diana" ha quale scopo prioritario quello di testare e mettere a punto tecniche innovative e a basso impatto ambientale e quindi consentirne il trasferimento alle imprese agricole e forestali.

In questo ambito rientra l'ampia sperimentazione sull'Agricoltura conservativa: dal 2010 il 25% della superficie aziendale è destinata ad una prova di medio/lungo periodo di confronto tra l'agricoltura conservativa (semina su sodo) e quella convenzionale; tale sperimentazione fornisce informazioni utili per l'applicazione della sottomisura 214/i Azione 1 del PSR

Azienda Agricola ValleVecchia – Caorle (VE)

L'Azienda pilota e dimostrativa Vallevvecchia è localizzata lungo la costa tra i centri balneari di Caorle e Bibione.

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.

Anche l'Azienda pilota e dimostrativa "Vallevvecchia" ha quale scopo essenziale quello di testare e mettere a punto tecniche innovative e a basso impatto ambientale favorendone il trasferimento alle imprese agricole. A tal fine l'azienda è completamente utilizzata per sperimentazioni.

Le tradizionali prove varietali su frumento tenero, colza, mais e soia condotte su terreni lavorati in modo convenzionale sono state abbinate a prove varietali su sodo in modo da ottenere informazioni utili per l'applicazione della sottomisura 214/i azioni 1 e 2 del PSR, mantenendo però risultati produttivi e qualità delle produzioni.

3.2.1 Dati climatici

Per ogni azienda sperimentale si è provveduto 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 (°C) 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)

Le precipitazioni medie annue degli ultimi 20 anni sono state pari a 763,3 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si è registrato un quantitativo annuale di 904,4 mm per il 2011, 647,8 mm per il 2012 e 840,6 mm nel 2013.

I quantitativi nell'intervallo marzo-maggio per i tre anni mostrano nei mesi di marzo e maggio precipitazioni in linea con la media mensile 1992-2013 per l'anno 2011, inferiori, soprattutto per il mese di marzo nel 2012 mentre notevolmente superiori alla media (circa 4 volte superiore) per il mese di marzo 2013 seguito da un quantitativo circa doppio nel successivo mese di maggio (Grafico 1).

Le temperature medie mensili rispetto alla media mensile registrata nel ventennio 1992-2013 si sono posizionate attorno alla media. La tendenza mostra in più di qualche caso un leggero aumento delle medie mensili tranne che nel maggio 2013 dove la media mensile è risultata inferiore alla media di riferimento (Grafico 2).

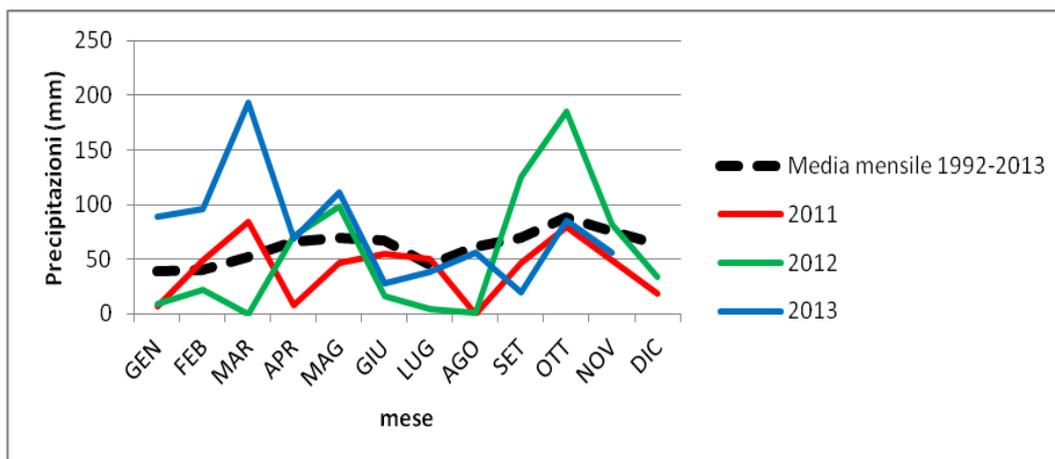


Grafico 1. Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Villadose (RO) – Fonte ARPAV

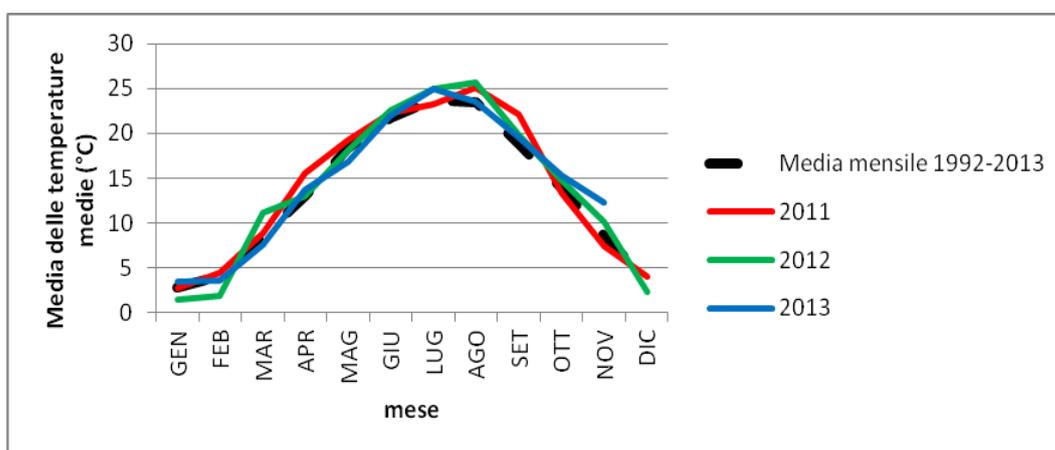


Grafico 2. Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Villadose (RO) – Fonte ARPAV

Azienda Agricola Diana – Mogliano Veneto (TV)

Le precipitazioni medie annuali degli ultimi 20 anni sono state pari a 924,1 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si è registrato un quantitativo annuo di 718,8 mm per il 2011, 755,6 mm per il 2012 e 1021,6 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 marzo 2012, mentre notevolmente superiori alla media, sfiorando quasi i 300 mm per il mese di marzo 2013

seguito da un quantitativo cumulato nel successivo mese di maggio circa doppio rispetto la media di riferimento (Grafico 3).

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 di riferimento (Grafico 4).

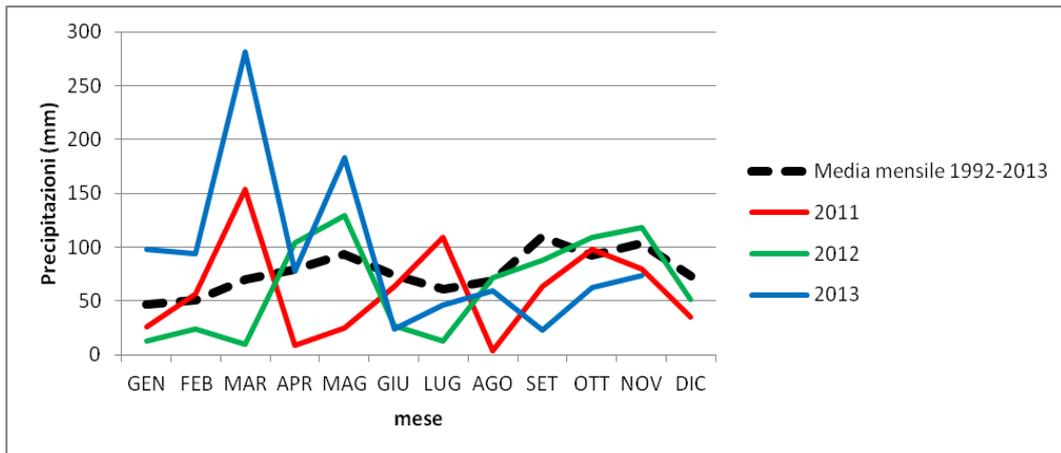


Grafico 3. Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Mogliano Veneto (TV) – Fonte ARPAV

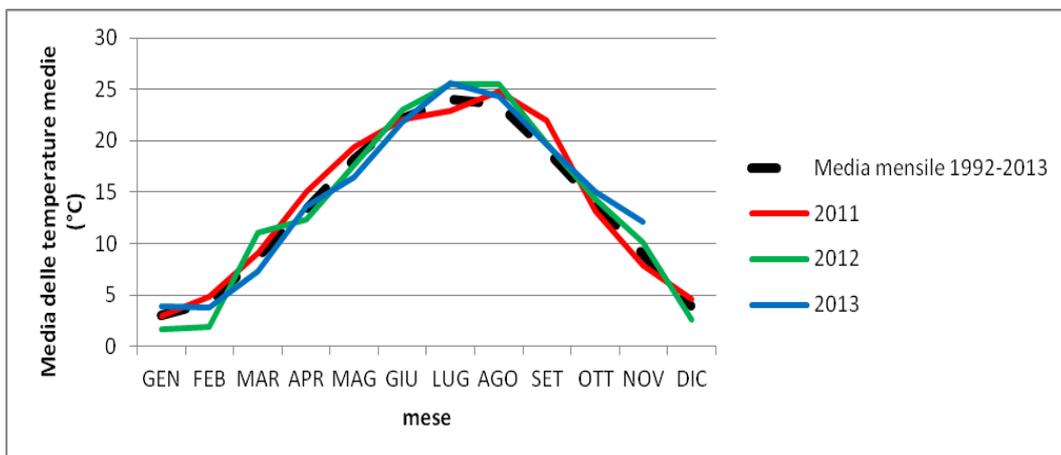


Grafico 4. Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Mogliano Veneto (TV) – Fonte ARPAV

Azienda Agricola ValleVecchia – Caorle (VE)

Le precipitazioni medie annuali degli ultimi 20 anni sono state pari a 934,8 mm/anno. Nei tre anni di sperimentazione si è registrato un quantitativo annuo di 800,8 mm per il

2011, 813,2 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 la media di riferimento nel successivo mese di maggio (Grafico 5).

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 (Grafico 6).

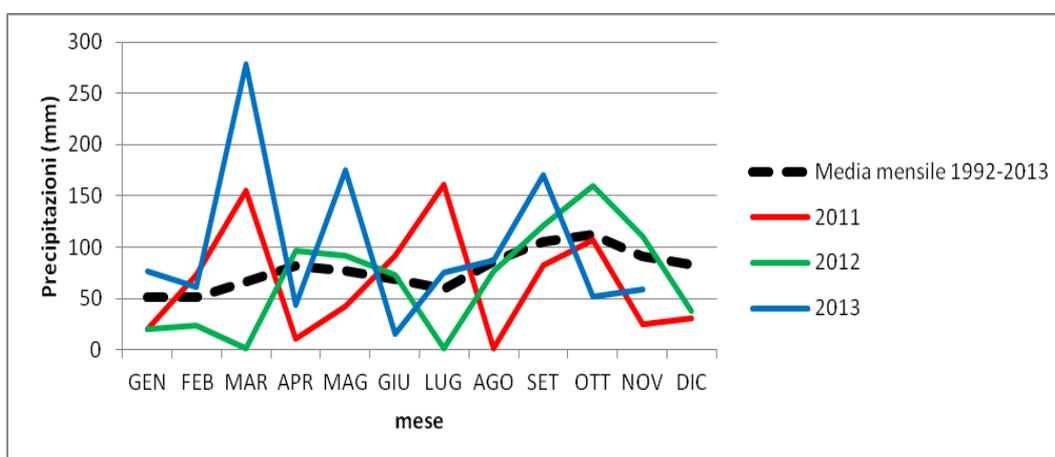


Grafico 5. Andamento delle precipitazioni rilevate dalla stazione agrometeorologica di Mogliano Lugugnana (VE) – Fonte ARPAV

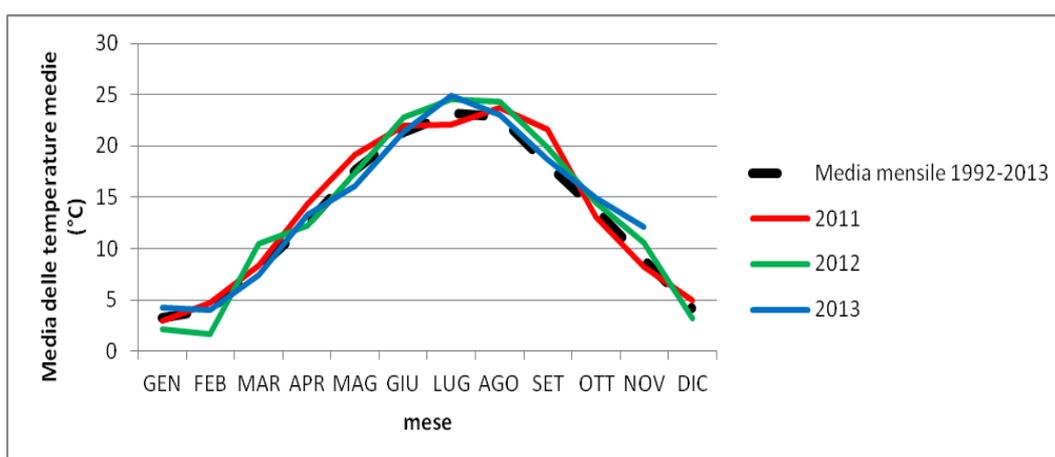


Grafico 6. Andamento delle temperature medie rilevate dalla stazione agrometeorologica di Lugugnana (VE)– Fonte ARPAV

3.3 Nota tecnica mais e soia

Le agrotecniche adottate nell'itinerario convenzionale sono quelle convenzionalmente praticate dall'azienda e prevedono la lavorazione del terreno con la coltivazione delle sole colture principali. Il terreno durante il periodo che trascorre tra due colture rimane privo di qualsiasi copertura vegetale. Le lavorazioni ordinariamente svolte sono rappresentate da un'aratura autunnale di 35-40 cm, una successiva estirpatura in inverno e un'erpicazione con erpice rotante poco prima della semina.

Il protocollo definito per la semina su sodo contempla invece unicamente l'operazione di semina, escludendo qualsiasi altro tipo di lavorazione. Affinché il terreno venga mantenuto costantemente coperto, si fa ricorso ad erbai primaverili-estivi e *cover crops* autunno vernine devitalizzate appena prima della semina della coltura principale.

Il mais nella tesi convenzionale (Tabella 1) è stato seminato nella prima decade di aprile. L'investimento scelto è di 7,8 piante/m². La profondità del seme varia tra i 3 e i 5 cm, in relazione alle condizioni del terreno.

La fertilizzazione è effettuata distribuendo a spaglio un concime ternario in pre-semina. Segue a questa una concimazione con concime azotato in copertura, concomitante all'operazione di sarchiatura.

I trattamenti erbicidi riguardano normalmente un diserbo in pre-semina con Glyphosate, con dose variabile in base al grado di infestazione osservato. Un intervento di pre-emergenza viene considerato solamente quando il potenziale di infestazione osservato negli anni precedenti risulta elevato.

Si ricorre successivamente ad un intervento di post-emergenza, in un unico intervento, scegliendo la molecola specifica al controllo delle infestanti graminacee e dicotiledoni emerse. Scegliendo l'intervento singolo l'epoca normalmente considerata corrisponde allo stadio di 6-7 foglie del mais. In altri casi è possibile ricorrere ad un doppio intervento, effettuato: il primo a 2-3 foglie e il secondo a 6-8 foglie del mais, utilizzando dosi frazionate.

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.

La raccolta è eseguita quando l'umidità della granella scende a valori inferiori al 25%.

Nel caso della tesi “mais su sodo” (Tabella 1) alla semina viene definito un investimento di 8,5 piante/m², giustificato dalle diverse cause che possono incidere sull'emergenza. La profondità di semina generalmente non supera i 5 cm.

La concimazione consiste in un unico intervento con concime ternario ed urea, localizzati alla semina.

Il diserbo contro le principali infestanti è realizzato mediante interventi in pre-semina, pre-emergenza, post-emergenza. Il controllo segue sostanzialmente gli stessi concetti già visti per il convenzionale. Trattamenti insetticidi contro gli insetti dannosi seguono gli stessi criteri già espressi. La raccolta prevede sempre che l'umidità della granella sia inferiore al 25%.

MAIS		
	<i>Convenzionale - CT</i>	<i>Semina su sodo - NT</i>
LAVORAZIONI TERRENO	Aratura + estirpatura + erpicatura	-
SEMINA (Investimento;Profondità)	7,8 p/m ² ; 3-5 cm	8,5 p/m ² ; 4-5 cm
VARIETA'	Korimbos (KWS)	Korimbos (KWS)
CONCIMAZIONE 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)	-
DISERBO Pre-semina	Glyphosate (in base al grado di infestazione)	Glyphosate (in base al grado di infestazione)
Post-emergenza (intervento 6-7 foglie)	Foramsulfuron + Dicamba 2,5 l/ha + 1 l/ha	Foramsulfuron + Dicamba 2,5 l/ha + 1 l/ha
TRATTAMENTI Nottue – Limacce – Piralide	Piralide Chlorantraniliprole (150 ml/ha)	Piralide Chlorantraniliprole (150 ml/ha)
RACCOLTA	Umidità granella circa 25%	Umidità granella circa 25%

Tabella 1. Tecniche agronomiche a confronto: mais

La soia negli appezzamenti del convenzionale (Tabella 2) viene seminata l'ultima decade di aprile - prima decade di maggio. L'investimento teorico considerato è di 44 piante/m². Il seme viene deposto ad una profondità di circa 3-4 cm.

La concimazione si effettua utilizzando un concime binario contenente fosforo e potassio, distribuito a pieno campo appena prima dell'ultima lavorazione.

Con infestanti già emerse nel periodo che precede la semina è previsto un intervento di controllo delle infestanti in pre-semina con 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 difesa chimica contro il ragnetto rosso viene attuata solo quando l'infestazione si diffonde e la popolazione supera la soglia economica di danno.

La raccolta della granella è eseguita quando questa ha raggiunto un'umidità ottimale di circa il 14%.

La soia in semina su sodo (Tabella 2) segue quanto visto per il mais in termini di non lavorazione del terreno. Si prevede in questo caso un investimento di 48 semi/m², e una profondità di semina che si aggira tra i 2 e i 5 cm.

La fertilizzazione prevede l'utilizzo di un concime a base di fosforo e potassio che viene 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 difesa è analoga a quanto visto per il convenzionale.

La raccolta della granella è eseguita quando l'umidità raggiunge il 14%.

SOIA		
	<i>Convenzionale - CT</i>	<i>Semina su sodo - NT</i>
LAVORAZIONI TERRENO	Aratura + estirpatura + erpicatura	-
VARIETA'	Demetra (Syngenta)	Demetra (Syngenta)
SEMINA (Investimento; Profondità)	44 p/m ² ; 3-4 cm	48 p/ m ² ; 2-5 cm
CONCIMAZIONE Presemina - semina	pieno campo 0-20-20 - 2.5 q/ha	Localizzata alla semina 0-20-20 - 2.5 q/ha
DISERBO 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)
Raccolta	Umidità granella circa 14%	Umidità granella circa 14%

Tabella 2. Tecniche agronomiche a confronto: soia

CAPITOLO IV - RISULTATI

4.1 Mais

4.1.1 Emergenze

I risultati per il mais sono di seguito espressi in forma percentuale relativa alla media per anno, azienda e tesi, per i diversi parametri considerati, come mostrato in tabella 1.

	Densità Reale %	Piante sane %	Piante non sane %	Elateridi %	Nottue %	Fitofagi ipogei %	Crosta superficiale %	Altro %	Fallanze totali %
ANNO									
2011	68,56 a	65,65 a	2,91 a	2,67 a	0,09 a	0,01 a	0,13 a	0,00 a	31,44 b
2012	76,71 b	74,32 b	2,39 b	1,67 b	0,05 ab	0,00 a	0,66 b	0,00 a	23,29 a
2013	68,80 a	66,56 a	2,24 b	1,39 b	0,00 b	0,00 a	0,85 b	0,00 a	31,20 b
AZIENDA									
DIANA	70,53 a	68,67 ab	1,86 a	1,25 a	0,00 a	0,00 a	0,61 a	0,00 a	29,47 b
SASSE RAMI	74,44 b	71,13 a	3,31 b	2,60 b	0,15 b	0,01 a	0,56 a	0,00 a	25,56 a
VALLE VECCHIA	69,11 a	66,74 b	2,36 c	1,89 c	0,00 a	0,00 a	0,47 a	0,00 a	30,89 b
TESI									
Semina su sodo	60,19 a	57,70 a	2,49 a	2,01 a	0,01 a	0,00 a	0,47 a	0,00 a	39,81 a
Convenzionale	82,52 b	80,00 b	2,53 a	1,82 a	0,09 b	0,00 a	0,62 a	0,00 a	17,48 b
ANOVA p-values									
ANNO	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,02	0,37	< 0,01	< 0,01	< 0,01
AZIENDA	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,37	0,40	< 0,01	< 0,01
TESI	< 0,01	< 0,01	0,85	0,18	0,01	0,32	0,09	< 0,01	< 0,01
ANNO x AZIENDA	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,41	0,01	< 0,01	0,01
ANNO x TESI	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,17	0,37	< 0,01	< 0,01	< 0,01
AZIENDA x TESI	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,37	0,96	< 0,01	< 0,01

Tabella 1. Percentuali relative alle medie risultate per anno, azienda e tesi per i diversi parametri

Dalle tesi sperimentali dove sono attuate le due diverse tecniche di lavorazione del terreno i dati rilevati mostrano per il mais una densità reale significativamente differente. Le superfici gestite con tecniche convenzionali mostrano una percentuale superiore all'82% mentre la gestione sodiva ha fornito valori pari al 60%.

Dai dati emerge quindi che il tipo di lavorazione ha effetti significativi sulla densità reale a causa delle fallanze che incidono in modo variabile sulla riduzione della densità reale (Grafico 1).

Osservando le piante sane si possono notare differenze statisticamente significative nel confronto tra le due diverse lavorazioni. La semina su sodo mostra una percentuale di

piante sane pari al 57% mentre il rispettivo convenzionale ha mostrato un valore attorno all'80%. Le piante sane sono quindi influenzate dalle fallanze che incidono in modo analogo a quanto accade per la densità reale.

Le diverse tecniche di lavorazione del terreno non sembrano però incidere in maniera statisticamente significativa sulla percentuale di piante non sane.

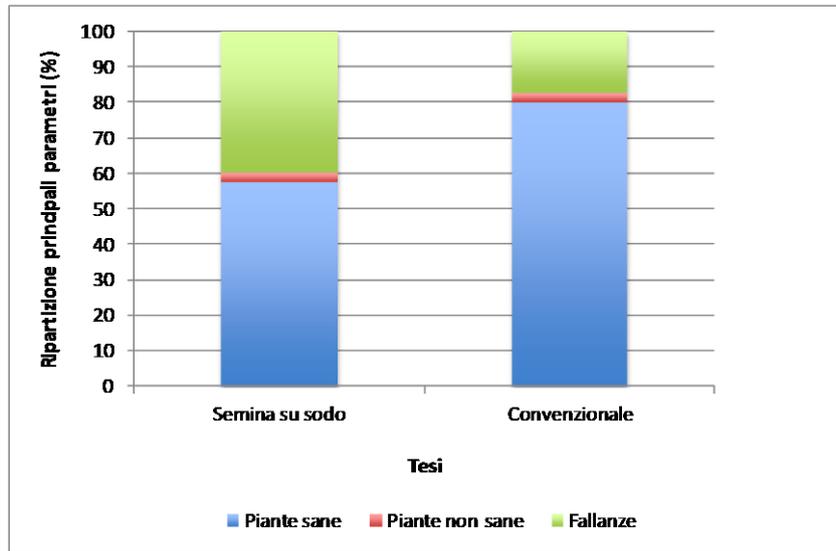


Grafico 1. Incidenza percentuale di piante sane, piante non sane e fallanze per la semina su sodo a confronto con il convenzionale

Nell'arco temporale dei tre anni per le percentuali di densità reale e piante sane è possibile vedere che nel 2012 si sono registrate le percentuali maggiori sia per la densità reale che per le piante sane. Il 2012 si è caratterizzato infatti per condizioni relativamente ottimali nel periodo di semina che hanno probabilmente permesso una buona esecuzione della semina registrando così i valori di densità reale e piante sane più alti dei tre anni e allo stesso modo la diminuzione significativa delle piante non sane nel secondo anno.

Negli anni la percentuale di piante non sane non ha subito comunque sostanziali modifiche, a fronte di un 2,9% circa per l'anno 2011, il 2012 e il 2013 si sono poi caratterizzati per una leggera riduzione con valori rispettivamente del 2,39% e 2,24%.

Lievi differenze si notano per gli elateridi. La differenza tra convenzionale e semina su sodo si è attestata allo 0,2% con valori non statisticamente significativi. Da notare le differenze che si sono avute negli anni, con un valore percentuale del 2,67% nel 2011, che si è abbassato di un punto percentuale per l'anno successivo. Nel 2013 si è avuta una lieve riduzione che però non è risultata statisticamente significativa. Si nota

pertanto un trend decrescente osservando gli anni 2011 e 2012, senza poi variazioni di rilievo nel 2013. La riduzione della percentuale di attacco per il secondo e terzo anno potrebbe essere legata ad una migliore espressione del vigore di partenza per la pianta di mais viste le buone condizioni di semina del 2012 mentre per il 2013 la semina ritardata a causa degli eventi piovosi verificatesi in epoca di semina potrebbe aver determinato la maggiore presenza di stadi larvali caratterizzati da non alimentazione e quindi una diminuzione del danno.

Per quanto riguarda gli attacchi di nottue, si assiste ad una differenza percentuale che, seppur minima, permette di notare un maggior attacco nelle superfici convenzionali rispetto alla gestione sodiva. I valori statisticamente significativi mostrano per la semina su sodo una percentuale dello 0,01% mentre per il convenzionale lo 0,09%. Questo potrebbe essere dovuto alla preferenza per *Agrotis* di un terreno lavorato rispetto ad un terreno non lavorato. In un terreno non lavorato infatti le differenti condizioni di temperatura, umidità e del terreno stesso influenzerebbero negativamente sia l'ovideposizione che gli stadi larvali successivi comportando di conseguenza una minore incidenza del danno alle piantine di mais. Negli anni e per le diverse aziende non si notano differenze sostanziali. Da notare comunque che negli anni l'andamento di tale avversità è andato diminuendo da 0,09% per il 2011, passando per 0,05% nel 2012 fino a 0% per il 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%). A livello temporale, si nota però un trend in aumento che vede per il 2011 lo 0,13% per passare ad uno 0,66% del 2012 fino ad arrivare allo 0,85% per il 2013. Da questi dati si può desumere 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 perciò la necessità di attuare le diverse soluzioni possibili atte a prevenire i fenomeni di compattamento. Altro aspetto da considerare è la specifica sensibilità per i diversi terreni a variazioni delle loro proprietà fisiche, variazioni che determinano quindi un variabile rischio di compattamento nonché di un diverso problema di crosta superficiale.

4.1.2 Fallanze

La quota di fallanze su mais si è attestata al 18% per le superfici gestite con tecniche di lavorazione convenzionali, mentre si è raggiunto il 40% circa con una gestione con tecniche conservative quali la semina su sodo.

Le diverse cause di fallanza, osservati al momento dei rilievi, evidenziano solo in particolari situazioni valori statisticamente significativi (Tabella 2).

	Uccelli %	Semi NG non erosi %	Semi NG erosi %	Semi non depositi %	Plantule in emerg non erose %	Plantule in emerg erose %	Altre cause %
ANNO							
2011	4,25 a	7,66 a	0,23 a	11,75 a	4,02 a	0,09 a	3,44 a
2012	4,01 a	5,48 a	1,40 a	4,57 a	5,50 ab	0,47 a	1,86 a
2013	3,08 a	9,39 a	1,99 a	5,41 a	8,93 b	0,00 a	2,38 a
AZIENDA							
DIANA	2,67 a	5,98 a	1,40 a	11,55 a	6,05 ab	0,47 a	1,35 a
SASSE_RAMI	4,63 a	8,04 a	1,84 a	4,42 a	3,82 a	0,00 a	2,81 a
VALLE_VECCHIA	4,04 a	8,51 a	0,38 a	5,76 a	8,59 b	0,09 a	3,53 a
TESI							
Semina su sodo	4,36 a	10,04 a	2,41 a	11,41 a	8,27 a	0,31 a	3,00 a
Convenzionale	3,21 a	4,98 a	0,00 a	3,08 a	4,03 b	0,06 a	2,12 a
ANOVA p-values							
ANNO	0,61	0,62	0,67	0,47	0,08	0,47	0,61
AZIENDA	0,33	0,78	0,75	0,49	0,10	0,47	0,42
TESI	0,29	0,17	0,19	0,15	0,03	0,45	0,52
ANNO x AZIENDA	0,66	0,57	0,50	0,64	0,06	0,43	0,47
ANNO x TESI	0,57	0,61	0,67	0,39	0,18	0,37	0,64
AZIENDA x TESI	0,33	0,78	0,75	0,41	0,04	0,37	0,61

Tabella 2. Percentuali relative alle diverse cause di fallanze

Per i danni da uccelli le percentuali non mostrano differenze significative considerando le tesi. I dati presentano una percentuale sul numero di fallanze rilevate del 4,36% per la gestione sodiva e del 3,21% per quanto riguarda il convenzionale di riferimento. Il valore più elevato, registrato dalla gestione sodiva, è con buona probabilità legato alla non completa chiusura del solco di semina, che facilita la 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 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 è, insieme al parametro semi non deposti, la voce che incide maggiormente riguardo le fallanze. Nel confronto tra la semina su sodo e la tecnica convenzionale per i semi non germinati non erosi si riscontrano differenze non significative ma con percentuali del 10% e sotto il 5% rispettivamente per la prima e la seconda gestione. I valori più alti sono frutto di una maggiore difficoltà di germinazione con buona probabilità dovuta alla temperatura del terreno generalmente più bassa nella gestione sodiva.

Relativamente alla quota di semi non deposti, si registra per la gestione sodiva una differenza non statisticamente significativa rispetto alla gestione convenzionale, ma importante nella numerosità (11,4 e 3%). Una maggiore incidenza di semi non deposti va ricercata nell'esecuzione dell'operazione di semina stessa in particolare in condizioni operative eterogenee. La maggiore difficoltà nella semina che comporta quindi l'aumento della percentuale semi non deposti, mette in evidenza l'importanza di una corretta gestione del residuo al fine di abbassare tale percentuale. Va inoltre considerato il decorso dei processi di degradazione dei residui poiché, qualora essi non abbiano una degradazione ottimale aumenta perciò il rischio di possibili ingolfamenti della macchina con mancate deposizioni.

Tra le due tesi si nota per le plantule in emergenza non erose una differenza significativa. La gestione sodiva ha registrato un valore dell'8,2% mentre il convenzionale di riferimento ha registrato valori prossimi al 4%. Tali valori, possono essere imputabili a problemi di crosta che impediscono alle plantule di emergere correttamente, sebbene ci siano le condizioni per attuare la germinazione. Sono da evidenziare inoltre differenze significative negli anni con un trend in aumento, dal 4,02% del 2011 la percentuale aumenta al 5,5% del 2012, fino al 8,9% per l'anno 2013. Tale aumento può essere correlato all'aumento del problema crosta superficiale rilevato per le tre annate.

Plantule in emergenza erose presentano valori bassi che non arrivano mai a superare lo 0,5%. 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 per tesi e negli anni non è aumentata sebbene le plantule impieghino più tempo per lo sviluppo.

Osservando graficamente il confronto tra l'Azione e il rispettivo convenzionale si può notare che le cause di fallanze che incidono sull'Azione sono dovute principalmente a:

semi non germinati non erosi, semi non depositi e plantule in emergenza non erose, come evidenziato dal grafico 2.

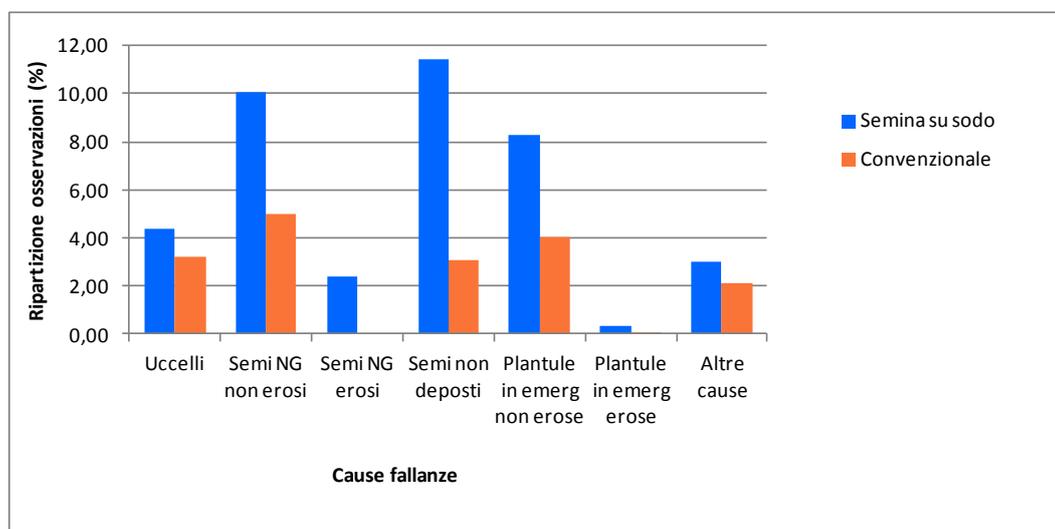


Grafico 2. Cause di fallanze su mais, semina su sodo e lavorazione convenzionale a confronto

4.2 Soia

4.2.1 Emergenze

I risultati per la soia sono di seguito espressi in forma percentuale relativa alla media per anno, azienda e tesi, per i diversi parametri considerati, come mostrato in tabella 3.

	Densità Reale %	Piante sane %	Piante non sane %	Morte %	Sofferenti %	Limacce %	Fallanze totali %
ANNO							
2011	56,14 a	56,04 a	0,10 a	0,04 a	0,06 a	0,00 a	43,86ab
2012	70,30 b	69,90 b	0,40 b	0,10 b	0,30 b	0,00 a	29,70 a
2013	45,28 c	44,68 c	0,60 c	0,13 b	0,44 c	0,02 b	54,72 b
AZIENDA							
DIANA	54,86 a	54,57 a	0,30 a	0,08 a	0,22 a	0,00 a	45,14 a
SASSE RAMI	66,76 b	66,34 b	0,41 b	0,11 a	0,29 ab	0,02 b	33,24 a
VALLE VECCHIA	50,09 c	49,71 c	0,39 b	0,09 a	0,30 b	0,00 a	49,91 a
TESI							
Semina su sodo	47,22 a	46,78 a	0,44 a	0,11 a	0,32 a	0,02 a	52,78 a
Convenzionale	67,26 b	66,96 b	0,29 b	0,07 b	0,22 b	0,00 b	32,74 b
ANOVA <i>p</i>-values							
ANNO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08
AZIENDA	< 0,01	< 0,01	0,02	0,28	0,08	< 0,01	0,21
TESI	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,04
ANNO x AZIENDA	< 0,01	< 0,01	0,62	0,24	0,97	< 0,01	0,70
ANNO x TESI	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,17	0,01	< 0,01	0,29
AZIENDA x TESI	< 0,01	< 0,01	0,35	0,15	0,17	< 0,01	0,16

Tabella 3. Percentuali relative alle medie risultate per anno, azienda e tesi per i diversi parametri

Dalla sperimentazione condotta emergono valori di densità reale significativamente differenti tra la gestione sodiva e la tradizionale tecnica di lavorazione del terreno. La semina su sodo ha fatto registrare valori prossimi al 47% mentre il convenzionale 67%. Le differenze, statisticamente significative, sono state evidenziate anche da un punto di vista temporale. L'andamento meteo climatico annuale ha portato a registrare le variazioni della densità reale osservate. Nel 2011 le condizioni meteo climatiche sono risultate nella norma facendo registrare una densità reale media del 56%, percentuale che è aumentata al 70% nel 2012, probabilmente dovuto alle condizioni più siccitose perdurate dall'inverno precedente, con piogge solo nel mese di aprile e maggio, a cui vanno associate temperature in alcuni casi sensibilmente calde per il periodo. Il 2013 si

è invece caratterizzato da una primavera con precipitazioni frequenti e talora abbondanti, con temperature sensibilmente inferiori alla norma soprattutto nel mese di maggio, che con buona probabilità hanno determinato la riduzione della densità reale al 45% (percentuale più bassa nel triennio).

Le differenze registrate per la densità reale sono confrontabili con quanto registrato per le piante sane. Le percentuali per le tesi, gli anni e le aziende mostrano un andamento molto simile alla densità reale, con variazioni imputabili per lo più ad una questione di fallanze piuttosto che una deviazione dallo stato sanitario normale della coltura (Grafico 3).

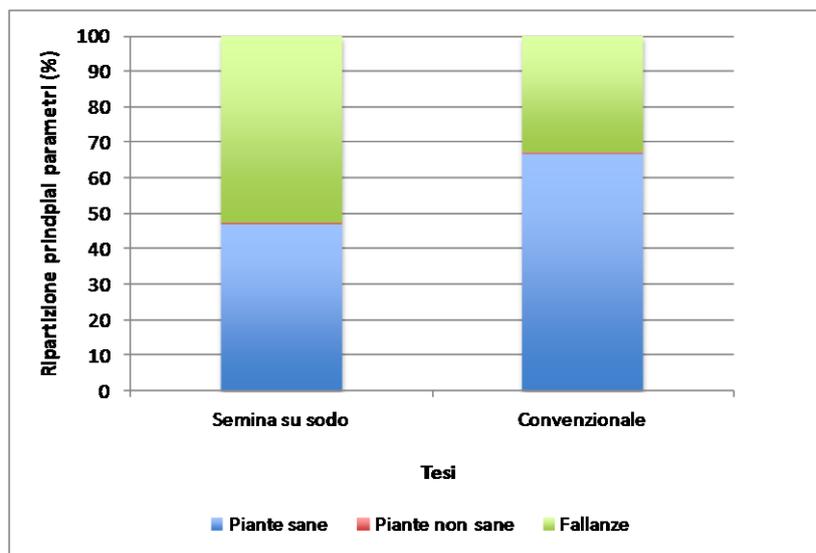


Grafico 3. Incidenza percentuale di piante sane, piante non sane e fallanze per la semina su sodo a confronto con il convenzionale

La percentuale di piante non sane è risultata essere statisticamente significativa tra la semina su sodo (0,44%) e la gestione convenzionale (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). Da un punto di vista temporale, le piante non sane mostrano un trend in aumento negli anni, con valori delle medie annue statisticamente significativi. Il trend risulta in aumento specialmente negli ultimi due anni, dove le piante non sane mostrano una percentuale prima dello 0,4% nel 2012 fino allo 0,6% nell'ultimo anno.

Le piante morte, presentano anch'esse, una percentuale statisticamente significativa nel confronto tra le tesi, sinonimo che il tipo di lavorazione potrebbe avere influenze su tale parametro. Si sono registrate differenze statisticamente significative anche nel corso

degli anni, con un trend in aumento, passando dallo 0,04% per il 2011 fino a raggiungere l'1,3% nel 2013.

Simili considerazioni si possono fare per le piante sofferenti dove si notano differenze statisticamente significative tra le due tesi. Statisticamente differenti sono le percentuali delle medie annue nei diversi anni di sperimentazione (risultate in aumento).

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. Altre cause possono riguardare possibili condizioni non ottimali del letto di semina responsabili di uno sviluppo più limitato dell'apparato radicale.

Altra causa dell'aumento delle piante morte e delle sofferenti può riguardare il continuo ritardo della semina fino a circa + 20gg rispetto all'epoca considerata ottimale. Questo si traduce in un contenimento del volume occupato dall'apparato radicale nelle prime fasi, determinando negli anni una maggiore sofferenza della coltura che si trova ad dover fronteggiare temperature più elevate in stadi colturali più precoci.

Per quanto riguarda le limacce si assiste ad una debole differenza tra le due tesi ma statisticamente significativa. La loro presenza quindi potrebbe essere legata alla minor intensità della lavorazione propria delle azioni, collegata alla costituzione di un ambiente più umido dato dalla minore evaporazione di umidità dal suolo. Da un punto di vista temporale, nei primi due anni il problema non si è presentato in modo palese, infatti sono stati anni caratterizzati da un andamento pluviometrico sostanzialmente nella norma per il 2011, mentre le precipitazioni sono risultate al di sotto della norma nel 2012. Il 2013 si è invece caratterizzato per una primavera piovosa con precipitazioni frequenti ed eccezionalmente anche abbondanti per il periodo, seguite ad un inverno altrettanto umido. Le precipitazioni frequenti e quantitativamente elevate soprattutto in primavera, sono state con buona probabilità la causa della significatività del dato per il 2013. Da questi dati emerge quindi che presenza di limacce è correlata positivamente con l'andamento pluviometrico soprattutto di quello relativo al periodo di semina. La percentuale è comunque rimasta molto bassa con un valore di circa lo 0,02%.

4.2.2 Fallanze

In merito alle cause di fallanze su soia, esaminando i dati riassunti nelle percentuali sulle fallanze accertate riportate in tabella 4, si notano nel complesso valori statisticamente non significativi per i diversi parametri tranne che in alcuni casi specifici.

	Uccelli %	Semi NG non erosi %	Semi NG erosi %	Semi non depositi %	Plantule in emerg non erose %	Altre cause %
ANNO						
2011	3,42 a	6,36 a	0,00	15,84 a	14,41 ab	3,82 a
2012	5,97 a	6,74 a	0,00	5,16 a	9,92 a	1,92 a
2013	3,63 a	16,08 a	0,00	9,39 a	21,55 b	4,07 a
AZIENDA						
DIANA	4,79 a	9,42 a	0,00	17,14 a	11,97 a	1,82 a
SASSE_RAMI	3,55 a	7,22 a	0,00	5,21 a	13,85 a	3,42 a
VALLE_VECCHIA	4,69 a	12,53 a	0,00	8,05 a	20,07 b	4,57 a
TESI						
Semina su sodo	4,38 a	11,54 a	0,00	14,54 a	18,50 a	3,82 a
Convenzionale	4,30 a	7,91 a	0,00	5,72 a	12,09 a	2,72 a
ANOVA p-values						
ANNO	0,41	0,10	-	0,62	0,07	0,26
AZIENDA	0,78	0,43	-	0,54	0,16	0,18
TESI	0,96	0,29	-	0,35	0,06	0,32
ANNO x AZIENDA	0,18	0,55	-	0,64	0,09	0,17
ANNO x TESI	0,51	0,90	-	0,48	0,75	0,30
AZIENDA x TESI	0,64	0,86	-	0,45	0,13	0,24

Tabella 4. Percentuali relative alle diverse cause di fallanze

Per il parametro uccelli che considera la percentuale di fallanze causate dalla predazione dei semi da parte di uccelli, non si notano differenze significative in nessun caso.

Per i semi non germinati non erosi non si notano anche qui differenze significative tra le tesi sperimentali. Le differenze mostrate probabilmente sono dovute a un compattamento sottosuperficiale che determina condizioni non ottimali al seme per attivare correttamente i processi germinativi. Le differenze registrate negli anni mostrano che le percentuali riferite al 2011 e al 2012 sono pari al 6,3% e 6,7%, mentre il 2013 la percentuale si eleva al 16% anche se per tutti e tre gli anni tali differenze non sono statisticamente significative. La causa più probabile di tali variazioni può essere ricercata nell'andamento pluviometrico del periodo coincidente con l'epoca di semina. Il 2011 si è caratterizzato infatti per una pluviometria generalmente in linea con le medie del periodo, mentre il 2012 ha fatto registrare una diminuzione delle

precipitazioni a cui si è collegato una diminuzione della percentuale probabilmente per condizioni meno favorevoli a compattamenti superficiali e sottosuperficiali. Le precipitazioni abbondanti della primavera 2013 con buona probabilità hanno determinato l'aumento registrato poiché alto è stato il rischio di compattamento.

Per i semi non germinati erosi e per i semi non depositi non sono emerse differenze statisticamente significative. E' possibile però notare percentuali di piante non deposte che superano il 14% nella gestione sodiva mentre nella gestione convenzionale queste risultano essere inferiore al 6%. Da qui emerge come la gestione complessiva del residuo, soprattutto della quota che rimane in superficie, sia determinante per avere una buona efficienza della semina. La gestione del residuo deve integrare diverse strategie quali l'avvicendamento e tutte quelle tecniche che migliorino il decorso dei processi di decomposizione, oltre al semplice trattamento meccanico dello stesso.

Le fallanze dovute a plantule in emergenza non erose mostrano percentuali non significativamente differenti tra le 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 le percentuali registrate negli anni.

Osservando graficamente il confronto tra l' Azione e il rispettivo convenzionale si può notare che le maggiori cause di fallanze per l' Azione sono dovute principalmente a: semi non germinati non erosi, semi non depositi e plantule in emergenza non erose, come evidenziato dal grafico 4.

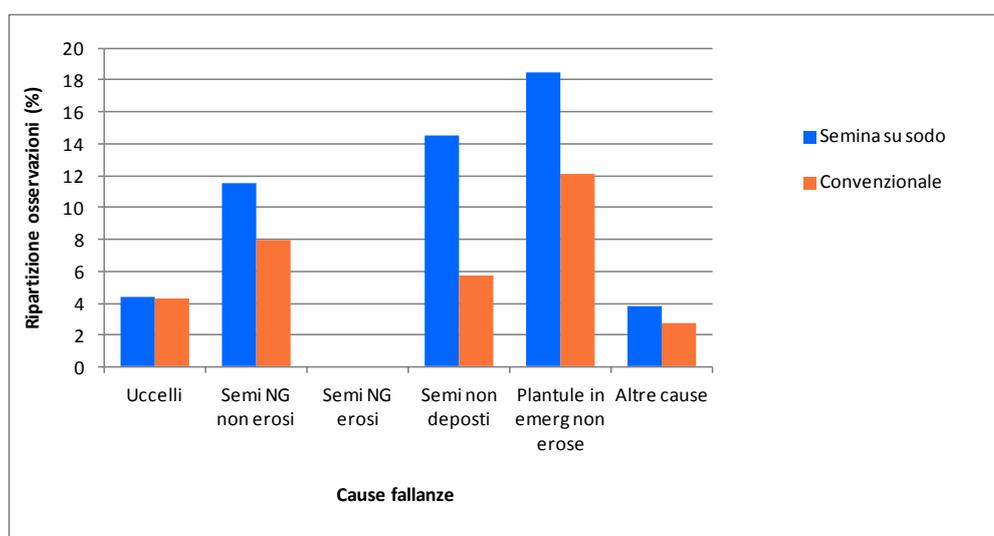


Grafico 4. Cause di fallanze su soia, semina su sodo e lavorazione convenzionale a confronto

CAPITOLO V – CONCLUSIONI

La sperimentazione realizzata mette in evidenza quali sono le possibili cause che determinano la riduzione dell'investimento colturale per il mais e la soia in un programma di non lavorazione. Riflettere su tali cause permette di compiere precise scelte già dall'impostazione del successivo ciclo colturale.

I dati mostrano una densità reale che per il mais è inferiore per la semina su sodo rispetto al convenzionale, differenza che si ripercuote analogamente anche sulla percentuale di piante sane. Motivo di tali differenze non sono tanto le piante non sane, confrontabili per entrambe le tesi, quanto il grado di fallanze riscontrato.

Le principali avversità biotiche hanno un trend negli anni al ribasso per gli elateridi, senza sostanziali differenze tra le tesi. Simile trend anche per le nottue, ma con percentuali contenute sebbene ci siano differenze sostanziali tra le tesi.

Da notare problemi di crosta superficiale che negli anni segnano un trend al rialzo, dove tra le tesi risulta più alta la percentuale del convenzionale. I rischi di compattamento vanno quindi sempre considerati al fine di limitare i possibili danni.

Un'analisi delle diverse cause di fallanze evidenzia che per gli uccelli non ci sono particolari differenze tra le tesi.

E' risultata invece una riduzione del potere germinativo della semente causato da condizioni non idonee di germinazione dovute principalmente da un ridotto contatto seme-terreno oppure da una deposizione molto prossima alla superficie che ha determinato l'aumento dei semi non germinati non erosi nella non lavorazione.

Aspetto quale la mancata deposizione del seme fa notare differenze significative dovute in particolare alla regolazione della seminatrice, alle condizioni operative differenti e alla presenza di residuo che per il sodo sono più difficili da gestire. Negli anni la non significatività delle differenze porta a poter accettare una maggior quota di non deposizioni per il sodo purché queste siano controllate.

Trend in aumento per le plantule in emergenza non erose con differenze significative negli anni. Le condizioni climatiche, precipitazioni soprattutto, e fenomeni di compattamento sono stati determinati nel rallentare l'emergenza del mais.

Erosioni ai semi non germinati sono risultate in aumento ma senza differenze significative tra le tesi, senza particolari segnalazioni anche per erosioni alle plantule in emergenza.

Anche per la soia i dati sulla densità reale mostrano che essa risulta inferiore per la semina su sodo rispetto al convenzionale, con ripercussioni analogamente sulla percentuale di piante sane. Le differenze sono dovute anche in questo caso non tanto alle piante non sane, confrontabili tra le tesi, sebbene significative, quanto al differente grado di fallanze.

L'analisi delle diverse cause di fallanze evidenzia che per gli uccelli non si sono avute particolari differenze.

Si è invece avuta una riduzione del potere germinativo della semente causato probabilmente da condizioni non particolarmente idonee di germinazione (ad esempio un ridotto contatto seme-terreno oppure una deposizione troppo superficiale) che hanno determinato la differenza per i semi non germinati non erosi superiore del 3,5% per la non lavorazione.

La mancata deposizione del seme ha evidenziato differenze di quasi il 9% tra le tesi sebbene non significative, dovute particolarmente alla regolazione della seminatrice, alle condizioni operative e alla presenza di residuo di più difficile gestione per la semina su sodo. Negli anni la non significatività delle differenze rilevate porta ad accettare una maggior quota di non deposizioni per il sodo purché queste siano controllate.

Difficoltà nell'emergenza per la soia è risultata in aumento negli anni evidenziando un trend per le plantule in emergenza non erose statisticamente significativo. In tal caso le condizioni climatiche, precipitazioni soprattutto e fenomeni di compattamento sono stati determinati su tale aumento. In particolare il 2013 evidenzia come le abbondanti precipitazioni primaverili abbiano rallentato l'emergenza della coltura oltre che favorire fenomeni di compattamento del terreno.

I risultati mostrano quindi che le fallanze hanno giocato un ruolo determinante nella variazione della densità reale in entrambe le colture. Cause di fallanze che in alcuni casi sono state direttamente legate al tipo di lavorazione soprattutto per quanto riguarda la deposizione del seme, mentre sulla differente germinazione ed emergenza, le differenze derivano principalmente da fattori quali precipitazioni e temperature nell'epoca di semina oltre ad una diversa suscettibilità dei terreni al compattamento.

CAPITOLO VI - RIASSUNTO

La semina su sodo rappresenta una tecnica di lavorazione conservativa che permette di conseguire importanti vantaggi ambientali, agronomici ed economici.

Il passaggio tra la tecnica convenzionale e la semina su sodo comporta una fase transitoria affinché si realizzino nuovi equilibri. Durante tale fase si possono presentare alcuni problemi relativi alla gestione del residuo che rimane in superficie, a fenomeni di compattamento del terreno, alla gestione delle infestanti e avversità di ordine fitosanitario.

Mantenere già dalle prime fasi il corretto investimento è la base per avere le migliori rese alla raccolta.

La sperimentazione condotta nelle tre principali aziende di Veneto Agricoltura ha avuto il compito di valutare gli effetti delle lavorazioni del terreno sulle cause che hanno portato a ridurre l'investimento per le colture di mais e soia.

Nonostante l'importante variabilità delle condizioni che si verificano nell'epoca di semina, quali temperatura e precipitazioni oltre al tipo di suolo e alla sua suscettibilità al compattamento, i risultati mettono in evidenza che la riduzione della densità reale per entrambe le colture sia dovuta principalmente all'incidenza delle fallanze piuttosto che ad aspetti fitosanitari sulle piante emerse.

La principale causa di fallanze è rappresentata dalla mancata deposizione del seme e quindi la necessità è di valutare attentamente la performance della macchina utilizzata per far sì che la deposizione avvenga correttamente.

Fallanze dovute alla non germinazione del seme o ad un ritardo dell'emergenza delle plantule sono dovute nel primo caso alle condizioni del solco di semina mentre nel secondo caso fenomeni di compattamento comportano la predisposizione di crosta superficiale.

CAPITOLO VII - ABSTRACT

No-tillage is a conservation tillage technique that allows to obtain some important environmental, agronomic and economic benefits.

The shift from conventional tillage to no till defines a transition phase so that new balance will be implemented. During this phase some problems can rise regarding the management of the residue left on the surface, the soil compaction, the management of weeds, pest and disease control.

Keeping the suitable crop plant density since the early stages is basic to obtain the best yields at harvest time.

Experimentation was carried out at the three main farms of Veneto Agricoltura to evaluate the effects of soil tillage on the causes of decreased crop density in corn and soybeans.

Despite a great variability of condition during sowing, such as temperature and rainfall, as well as the type of soil and its susceptibility to compaction, the results show that a reduced real density for both crops is caused primarily by a miss influence rather than by the health of the emerged plants.

The main cause of misses is represented by the missed seed placement so it is necessary to make an accurate evaluation of the seeder performance for a uniform placement.

Misses which are due to not seed germination or delayed plants emergence are caused in the first case by seed furrow conditions whereas in the second case by risk of surface crust connected to compaction.

CAPITOLO VIII – 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
- 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
- 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*: 55–57
- 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
- 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). Grafiche La Press srl.
- 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
- 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
- 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
- Fallahi S., Raoufat M.H. 2008. Row-crop planter attachments in a conservation tillage system: A comparative study. *Soil & Tillage Research* 98: 27–34
- Ferro G., Furlan L. 2012. Mais: strategie a confronto per contenere gli elateridi. *L'Informatore Agrario* 42: 63–67

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, Italia, 20 gennaio

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. *Supplemento a L'Informatore Agrario* 7: 15 – 19

Giordani C., Sani P., Cecchi S., Zanchi C. 2004. Aratura del terreno, più danni che vantaggi. *L' Informatore Agrario* 2: 33–35

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. e Reynolds C. J. M. 2003. The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia* 47: 181–191

House G. J. e 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

Karayel D. 2009. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil & Tillage Research* 104: 121–125

Karayel D., Wiesehoff M., Özmerzi A. e Müller J. 2006. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. *Computers and Electronics in Agriculture* 50: 89–96

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*

Kumar H. 2002. Plant damage and grain yield reduction by fall armyworm and stem borers on certain maize hybrids containing resistance genes from varying sources under experimental and farmers field conditions. *Crop Protection* 21: 563–573

Lal R., Reicosky D.C., e Hanson J.D. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil & Tillage Research* 93: 1–12

- Marandola D. 2012. Semina su sodo, molto più di una semplice innovazione. *L'Informatore Agrario* 11: 44–47
- Marasas M.E., Sarandón S.J. e 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
- McLaughlin A. e Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversità. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55: 201–212
- Pezzuolo A. e Sartori L. 2011a. Seminatrici a righe da sodo: come orientarsi nella scelta. *L'Informatore Agrario* 27: 33–38
- Pezzuolo A. e Sartori L. 2011b. La precisione nel sodo richiede scelte di qualità. *L'Informatore Agrario* 27: 41–45
- Pezzuolo A. e Sartori L. 2012a. Ridurre i costi Tecniche agronomiche e ambientali. 12–57. Agricoltori srl Rovigo
- Pezzuolo A. e Sartori L. 2012b. Minore compattamento controllando il traffico delle macchine in campo. *L'Informatore Agrario* 3: 85 – 90
- Pezzuolo A. e Sartori L. 2012c. Come gestire il residuo colturale con lavorazioni superficiali. *L'Informatore Agrario* 27: 49 – 52
- Pezzuolo A., Sartori L., Crocetta G. e Furlan L. 2013. Incidenza degli aspetti meccanici sulla densità di semina e valutazione di decompattatori. In Atti Convegno - Agricoltura conservativa e Misure agro-ambientali 214/i del PSR. Veneto Agricoltura. Padova, Italia 30 gennaio
- Pullaro T. C., Marino P. C., Jackson D. M., Harrison H. F. e Keinath A. P. 2006. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 97–104
- Raoufat M. H., Matbooei A. 2007. Row cleaners enhance reduced tillage planting of corn in Iran. *Soil & Tillage Research* 93: 152–161;
- 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
- 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
- Verheijen F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J. e Smith, C.J. 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe, *Earth Science Reviews* 94: 1–41

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutti coloro che mi hanno sostenuto durante questo percorso di studi, a cui aggiungo un ringraziamento per la realizzazione di questa tesi al responsabile dell'azienda sperimentale "Sasse Rami" di Veneto Agricoltura, Francesco Salmaso, e l'impresa Bertolin Roberto e C snc per i dati tecnici forniti.

Stefano