

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
AGRARIA**

Dipartimento **AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E
AMBIENTE**

Dipartimento **TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI**

Corso di laurea magistrale in **SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE**

**ANALISI DELLE PRESTAZIONI
DI UN ELEMENTO DI SEMINA DI PRECISIONE
AD AZIONAMENTO MECCANICO O ELETTRICO**

RELATORE:

Dott. Francesco Marinello

CORRELATORE:

Dott. Luigi Sartori

Dott. Andrea Pezzuolo

LAUREANDO:

Nicolas Nauva

Matricola n.1082335

ANNO ACCADEMICO 2015-2016

RIASSUNTO

L'agricoltura è stata storicamente un'attività basata sull'impiego di molto lavoro manuale e attrezzature semplici. Con il passare degli anni anche questo settore ha subito notevoli cambiamenti. L'innovazione e la tecnologia hanno investito l'agricoltura soprattutto per la necessità di soddisfare le crescenti esigenze della popolazione in termini di richiesta di cibo.

Ogni comparto dell'agricoltura è sottoposto a incrementi di efficienza attraverso l'introduzione di nuove scoperte e tecnologie. Anche la semina, tecnica fondamentale che influisce sulla coltivazione e sul suo risultato finale, è stata coinvolta in questo processo di innovazione. MaterMacc, produttore di seminatrici ha visto la necessità di seguire l'evolvere del processo costruendo una seminatrice pneumatica di precisione ad azionamento elettrico.

Nell'ambito del presente lavoro di tesi sono stati effettuati dei test con l'obiettivo di valutare il funzionamento di un elemento di semina nelle diverse situazioni operative e consentire il miglioramento delle prestazioni. In particolare è stato analizzato il funzionamento del sistema di distribuzione, basandosi sulla precisione di uscita dei semi in termini di doppie e fallanze.

I risultati emersi nella presente tesi hanno evidenziato le condizioni migliori di funzionamento e hanno altresì consentito di riconoscere le criticità legate alle operazioni di semina, in particolare con quelle varietà in cui la forma irregolare dei semi rende più difficile la deposizione del seme stesso.

ABSTRACT

In the past agriculture was an activity based on the use of much manual work and simple equipment. In the years this sector has changed too. Innovation and technology invested of agriculture for the necessity to meet the needs of more food demand of the population.

Each sector of agriculture has subjected to increase of efficiency by the introduction of new discoveries and technologies. Also the seeding, important technique that influence on the crops and on its final result, was involved in this innovation process. MaterMacc, producer of seeding machines, has the necessity to follow this evolution to build an electric driver pneumatic precision seeding drill.

In the present work some test were made with the target to analyze the working of a seeding component in different operative situations and to allow the improvement of the performance. Particularly the functioning of the distribution's system was analyzed to view the precision of the exit of the seeds in terms of double and fail depositions.

Results of this work underlines the better conditions of functioning and allowed to identify the problems related to seeding's operations, especially with those varieties which the irregular form of the seeds makes more difficult the deposition of them.

SOMMARIO

RIASSUNTO	3
ABSTRACT	4
SOMMARIO	5
Capitolo 1	
INTRODUZIONE	7
1.1 Parte generale	7
1.2 Il presente lavoro di tesi	9
Capitolo 2	
LA SEMINA	11
2.1 Caratteristiche generali e tipologia di macchine utilizzate	11
2.1.1 Seminatrici a spaglio	13
2.1.2 Seminatrici a righe	15
2.1.3 Seminatrici di precisione	16
2.2 Caratteristiche tipiche della semina monogerme di precisione	19
2.2.1 Barbabietola da zucchero	20
2.2.2 Mais	22
2.2.3 Soia	24
2.2.4 Girasole	26
2.3 L'importanza della semina regolare	27
2.3.1 Le fallanze	28
2.3.2 Le doppie	29
2.4 Sistemi di regolazione delle macchine monogerme	30
2.4.1 Disco	31
2.4.2 Depressione	32
2.4.3 Selettore	32
2.5 La trasmissione	34
Capitolo 3	
DESCRIZIONE DEL PIANO SPERIMENTALE	37

3.1 Gli obiettivi	37
3.2 Il banco prova	37
3.3 Modalità di esecuzione dei test.....	40
3.4 Le variabili.....	41
3.4.1 Semi utilizzati.....	42
3.4.2 Velocità del disco.....	45
3.4.3 Numero di fori del disco	46
3.4.4 Diametro dei fori del disco	46
3.4.5 Posizione del ferretto	47
3.4.6 Prima serie di test.....	48
3.4.7 Tipo di selettore.....	49
3.4.8 Posizione del selettore	49
3.4.9 Seconda serie di test.....	50
3.4.10 Livello di depressione	50
3.4.11 Terza serie di test	51
3.5 Risultati prima serie di test.....	51
3.5.1 Influenza del diametro dei fori	52
3.5.2 Influenza della velocità.....	55
3.5.3 Influenza della posizione del ferretto.....	56
3.5.4 Influenza del tipo di seme	58
3.5.5 Influenza del tipo di azionamento.....	65
3.5.6 Influenza del tubo adduttore.....	66
3.6 Risultati seconda serie di test.....	68
3.6.1 Influenza della posizione del selettore 1	68
3.6.2 Influenza della posizione del selettore 2	78
3.6.3 Influenza del tipo di selettore.....	83
3.7 Risultati terza serie di test	85
Capitolo 4	
CONCLUSIONI	95
4.1 Considerazioni finali	95
4.2 Sviluppi futuri	99
BIBLIOGRAFIA	101
RINGRAZIAMENTI	103

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Parte generale

L'agricoltura è una delle attività umane più antiche, che ha assunto fondamentale importanza dal momento in cui l'uomo si è aggregato in comunità stabili, dedite alla coltivazione dei campi e all'allevamento. Quest'attività ha sempre avuto un ruolo primario per lo sviluppo dei popoli al fine di soddisfare le esigenze di cibo di una popolazione costantemente in crescita.

L'evoluzione dell'agricoltura va di pari passo con lo sviluppo tecnologico umano e lo sviluppo di conoscenze o tecniche di coltivazione. Da un'agricoltura di sussistenza, con l'utilizzo di attrezzi molto semplici e largo impiego di lavoro manuale, si è passati a un'agricoltura specializzata, sempre più meccanizzata, con lo scopo di produrre prodotti destinati alla commercializzazione sul mercato agricolo.

Il ruolo centrale dell'agricoltura, come fonte primaria di sussistenza e perno per lo sviluppo economico, ha indotto i governi dei paesi più industrializzati a investire in maniera consistente nella ricerca agricola per incrementare la produzione alimentare. L'innovazione che ha subito questo settore avvenne, e avviene tuttora, attraverso lo sviluppo di fertilizzanti, pesticidi, nuove tecniche agronomiche e l'introduzione di varietà più produttive e resistenti alle avversità abiotiche e biotiche che possono subire durante la coltivazione.

La rivoluzione che ha interessato l'agricoltura ha portato alla necessità di aumentare gli input esterni, con il conseguente aumento dei costi di produzione, e allo stesso momento si è verificata una contrazione dei prezzi dei prodotti agricoli che tuttora si può osservare. Situazione venutasi a creare per l'aumento delle produzioni e per le speculazioni che avvengono sul mercato globale. Nel corso degli anni questi eventi hanno proiettato gli agricoltori in un "mondo" in cui i margini di profitto sono costantemente in calo e sono costretti a confrontarsi con una concorrenza sempre più agguerrita e qualificata. Agricoltori e imprese agromeccaniche necessitano quindi di attrezzature sempre più efficienti per permettere di ridurre costi e allo stesso tempo ottenere elevate produttività dalle colture, per essere più competitivi possibile.

Queste esigenze si ripercuotono su tutte le operazioni che vengono svolte in campo per supportare crescita e sviluppo della coltura, dalle lavorazioni del terreno alla raccolta, da quelle più semplici a quelle più complesse.

Alla base di un buon successo della coltura vi è sicuramente la semina, operazione che influenza l'intero ciclo colturale e quindi l'esito finale del raccolto, sia positivamente sia negativamente, in base alla qualità con cui essa viene svolta.

Per una buona riuscita di questa specifica e principale lavorazione sono di fondamentale importanza, anche se con rilevanza diversa a seconda della coltura, alcuni requisiti:

- posizionare il seme a profondità uniforme rispetto alla superficie del terreno;
- ottenere una buona spaziatura longitudinale e trasversale;
- posizionare il seme nel fondo del solco;
- tempestività dell'intervento.

Queste caratteristiche sono di primaria importanza soprattutto per quelle colture più redditizie, che risentono molto della competizione sulla produzione finale e il cui prezzo delle sementi è una voce rilevante nel bilancio economico.

Uniformità della profondità di semina e regolarità della deposizione lungo la fila di semina sono necessarie per creare quelle condizioni favorevoli alle colture per ottenere ottimi risultati sia in termini di quantità sia di qualità. Caratteristica quest'ultima che suscita sempre maggior interesse per l'agricoltore, andando a influenzare anche il prezzo del prodotto finale.

Per questi motivi il settore delle macchine per la semina è tra quelli in maggior movimento, in cui viene investito molto denaro per la ricerca. L'industria meccanica è

costantemente alla ricerca di sistemi più avanzati per eseguire questa operazione in modo scientifico ed economicamente conveniente. Da macchine semplici basate esclusivamente sulla meccanica, si è passati all'introduzione di sistemi elettronici ed informatici, che permettono di semplificare il lavoro e raggiungere livelli di accuratezza e precisione probabilmente impensabili fino a pochi anni fa.

È quindi necessità dei produttori di seminatrici seguire le esigenze della nuova agricoltura, ricorrendo alle più moderne e tecnologiche soluzioni, per mantenersi competitivi.

1.2 Il presente lavoro di tesi

Lo scopo del presente lavoro di tesi è di analizzare le performance di semina di un elemento di precisione fornito dalla MaterMacc, azienda italiana produttrice di macchine agricole tra cui le seminatrici di precisione.

L'introduzione sul mercato di seminatrici di precisione con sistema di distribuzione ad azionamento elettrico, da parte di alcune aziende produttrici, ha portato anche MaterMacc a sviluppare macchine che vanno verso questa nuova soluzione tecnologica.

Per ottenere una macchina di successo è necessario però ricorrere ai migliori strumenti e materiali e valutare gli eventuali punti di forza e di debolezza per apportare le opportune modifiche.

Per questo motivo MaterMacc ha necessità di testare questo nuovo elemento di semina, considerando il maggior numero di variabili possibili, al fine di avere un'ampia visione della macchina e determinare gli eventuali interventi da effettuare. I risultati si basano sul rilevamento del passaggio dei semi lungo il tubo adduttore attraverso delle fotocellule, permettendo di calcolare gli errori compiuti dal sistema di distribuzione in termini di doppie e fallanze.

L'analisi dei dati ha reso possibile fornire all'azienda le risposte alle domande poste: il sistema di trasmissione elettrico è effettivamente migliore di quello meccanico? Quali sono le regolazioni ottimali della macchina per ottenere i migliori risultati? Quali sono le eventuali modifiche da apportare per migliorare la macchina?

Capitolo 2

LA SEMINA

2.1 Caratteristiche generali e tipologia di macchine utilizzate

La semina è l'operazione che permette di distribuire i semi nel terreno, tecnica che va a simulare la naturale diffusione dei semi da parte della pianta.

La semina è una lavorazione di primaria importanza tra le varie operazioni che si eseguono durante il ciclo colturale di una coltivazione. È, infatti, questo intervento che ha lo scopo di mettere a dimora i semi da cui si origineranno le piante che costituiranno la coltura che fornirà il prodotto utile, da un punto di vista economico, per l'agricoltore.

La semina è uno dei passaggi chiave che influisce in maniera predominante sull'esito finale della coltura, in altre parole sulla produttività della coltura. Questo è da attribuire al fatto che eventuali problemi che si verificano in questa fase non possono essere rimediati in seguito, se non in maniera molto ridotta e a seconda della specie coltivata.

La buona riuscita della semina dipende dalla qualità del letto di semina creato attraverso le lavorazioni primarie e complementari del terreno, dalle buone condizioni ambientali durante e nel primo periodo dopo l'operazione, dalle buone caratteristiche genetiche e di vitalità delle sementi e, soprattutto, dalle caratteristiche della macchina seminatrice.

La seminatrice è l'attrezzo che permette di eseguire meccanicamente la semina, in altre parole la messa a dimora del seme della coltura. Le funzioni che può svolgere questa macchina sono diverse, ma tutte presentano tre compiti fondamentali: il primo è di aprire un solco nel terreno, il secondo è la deposizione del seme nel solco precedentemente formato, e infine il terzo di chiusura del solco e costipazione del terreno per favorire l'adesione tra seme e terreno per facilitare la germinazione.

Per ottenere una semina di qualità è necessario che la seminatrice permetta di:

- posizionare il seme nel fondo del solco;
- ottenere un buon contatto con il suolo;
- posizionare il seme a profondità uniforme rispetto alla superficie del terreno;
- ottenere una buona spaziatura longitudinale e trasversale dei semi;
- evitare al minimo il danneggiamento dei semi;
- polivalenza di impiego e facilità di regolazione;
- elevate velocità di lavoro per una maggiore tempestività di intervento.

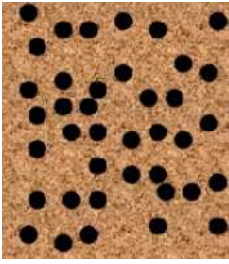
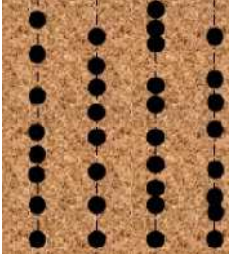
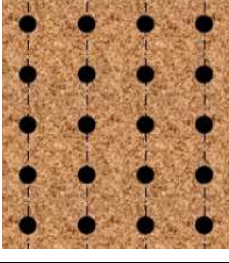
La capacità di eseguire la semina rispettando questi punti permette di sfruttare al meglio le potenzialità genetiche che possono esprimere le piante. Garantendo un'ottima germinazione e investimento (quindi spazio per la singola pianta) si pongono le basi per un buon sviluppo della coltura, favorendo la competizione nei confronti delle malerbe e la resistenza agli stress idrici e nutritivi cui le piante potrebbero andare incontro.

Le seminatrici attualmente in commercio differiscono tra loro per la modalità di collegamento con la trattrice, per le operazioni che possono svolgere, oltre alle funzioni fondamentali tipiche di queste macchine, e per la tipologia di distribuzione dei semi nel terreno.

Si possono distinguere macchine di tipo trainato, se collegate alla barra di traino, o portate se attaccate all'attacco a tre punti della trattrice; quest'ultima è la tipologia più diffusa nel nostro paese, principalmente dovuto alla conformazione dei terreni caratterizzati da appezzamenti medio-piccoli e di forma molto irregolare.

Nel corso degli anni si è rivista l'esecuzione della semina differita dalla preparazione del terreno. A fianco delle seminatrici tradizionali, sono comparse seminatrici integrate o combinate con attrezzi preparatori del letto di semina, quali erpici a dischi o erpici rotanti. Altre seminatrici possono essere dotate di particolari organi che permettono di effettuare questa operazione direttamente su terreno non lavorato.

Più importante, ai fini di questo lavoro, è la distinzione delle seminatrici in base alla tipologia di semina che possono svolgere, si distinguono: seminatrici a spaglio, seminatrici a righe e seminatrici di precisione o monogerme. Queste macchine differiscono essenzialmente per la regolarità di deposizione del seme lungo la fila di semina (distanza intrafila) e tra due file di semi (distanza interfila) (Tab. 2.1).

TIPOLOGIA DI SEMINATRICI		
Seminatrice a spaglio	Distribuzione casuale dei semi, irregolarità interfila e intrafila massima	
Seminatrice a righe	Regolarità di semina tra le file ma non sulla fila di semina, dove la distribuzione è casuale	
Seminatrice di precisione o monogerme	Massima regolarità di semina interfila e intrafila	

Tab. 2.1 Classificazione delle seminatrici in base alla regolarità di semina.

Di seguito si riportano le caratteristiche di queste macchine soffermandosi principalmente sulle seminatrici di precisione, in quanto oggetto di questo lavoro di tesi.

2.1.1 Seminatrici a spaglio

Le seminatrici a spaglio vengono utilizzate per la distribuzione randomizzata della dose prestabilita di semi sulla superficie di terreno. È sicuramente la tecnica di semina più antica e meno precisa, che va a simulare l'azione compiuta manualmente dal contadino durante lo svolgimento di questa operazione. Con queste macchine non è possibile ottenere una regolarità di deposizione del seme né sulla fila di semina né tra le

file. Per queste caratteristiche e il mancato interrimento del seme, se non eseguito in un secondo momento e in modo grossolano, è opportuno aumentare la dose di sementi da distribuire per cercare di raggiungere un investimento finale il più possibile ottimale.

Le seminatrici a spaglio sono attrezzi molto leggeri che possono essere di tipo portato o trainato. Possono essere azionate dalla presa di potenza della trattrice, da motori elettrici o idraulici alimentati dalla presa di potenza elettrica o idraulica oppure prendere il moto attraverso delle ruote di appoggio nella versione trainata. Per questo scopo si possono impiegare anche le attrezzature per la distribuzione dei fertilizzanti quali gli spandiconcime centrifughi (Fig. 2.1).

Sono macchine abbastanza semplici, costituite da una tramoggia di vario volume e forma, che termina su uno o due dischi alettati che ruotando ad alta velocità distribuiscono il seme sul terreno sfruttando l'effetto della forza centrifuga. A seconda del tipo di seme variando velocità dei dischi, lunghezza e orientamento delle palette è possibile modificare la larghezza di distribuzione. Se la coltura richiede l'interramento dei semi, è necessario eseguire un passaggio successivo con un erpice strigliatore. Per tali colture sono presenti anche macchine dotate di tramoggia e tubi adduttori che trasportano il seme fino all'erpice rotante in modo da depositarlo fra gli organi lavoranti e i rulli posteriori che effettuano un certo interrimento dei semi stessi.

È una tecnica di semina molto rapida ma data la ridotta qualità dell'operazione svolta poco utilizzata. Si ricorre a questo metodo per la distribuzione di essenze per la creazione di tappeti erbosi, per le colture da sovescio e per la semina del riso con risaia sommersa.



Fig. 2.1 Esempio di seminatrici a spaglio.

2.1.2 Seminatrici a righe

Le seminatrici a righe sono denominate anche tradizionali o universali grazie alla loro polivalenza di impiego. Queste macchine consentono la messa a dimora dei semi in solchi paralleli. Un tempo impiegate per tutte le colture, attualmente il loro utilizzo è andato riducendosi alle colture autunno-vernine e specie foraggere, colture che risentono meno di eventuali densità di semina non ottimali.

Queste seminatrici permettono solamente di determinare la distanza tra due file di semina adiacenti, cioè dell'interfila, ma non dell'intrafila dove il seme viene depositato in fila continua con distanza del tutto irregolare.

Sono macchine principalmente di tipo portato ma possono essere anche trainate. Presentano un telaio dotato generalmente di ruote, una per la trasmissione del moto, su cui si trova una tramoggia di forma e volume vario. La tramoggia al suo interno presenta un sistema di agitazione e alimentazione che termina sull'apparato di distribuzione del seme, collegato agli assolcatori attraverso i tubi adduttori; posteriormente è presente un erpice copriseme direttamente collegato al telaio (Fig. 2.2).

Il sistema di distribuzione e dosatura in questo tipo di seminatrici è sempre di tipo meccanico con rulli scanalati o cilindretti dentati che ruotando prelevano il seme e lo indirizzano verso i tubi adduttori. Variando velocità di rotazione, volume delle scanalature e luce delle aperture della tramoggia è possibile modificare la quantità di seme che viene distribuita per ettaro.

Il sistema di trasporto può avvenire con due modalità, per gravità o pneumatico. Il sistema pneumatico prevede la presenza di un ventilatore che crea una corrente d'aria in pressione per il trasporto del seme in uscita dal dosatore volumetrico, unico e centrale, a una testata di distribuzione-ripartizione. Questo apparato, tipico delle seminatrici a righe con trasporto pneumatico, raccorda tutti i tubi adduttori provenienti dagli assolcatori e permette un'omogenea ripartizione dei semi.

Gli assolcatori permettono di creare il solco di semina nel quale vengono depositi i semi, in fila continua, a profondità abbastanza costante. Questi organi possono essere di vario tipo: assolcatori a falconi, a stivaletto, a disco e a doppio disco; le varie tipologie differiscono per la capacità di operare nel modo migliore in terreni diversi.

L'erpice copriseme posteriore termina l'operazione chiudendo il solco di semina e pareggiando il terreno.



Fig. 2.2 Seminatrice a righe meccanica a sinistra e seminatrice a righe con trasporto pneumatico a destra.

2.1.3 Seminatrici di precisione

Le seminatrici di precisione sono la categoria di seminatrici realizzate più di recente e caratterizzate da un'elevata complessità costruttiva e operativa.

Sono seminatrici che provvedono alla deposizione dei semi a intervalli regolari sulla fila di semina poste a determinate distanze a seconda della coltura. In questo modo le piante presentano la giusta spaziatura trasversale e longitudinale per permettere un ottimale sviluppo senza dover ricorrere al diradamento manuale, come avveniva prima dell'avvento di queste macchine. Questa tipologia di seminatrice è impiegata per la semina di colture a ciclo primaverile-estivo e per specie ortive, sia a seme nudo sia eventualmente confettato, caratterizzate da elevate esigenze colturali e da elevato reddito.



Fig. 2.3 Seminatrice di precisione a 6 file con telaio telescopico.

Le seminatrici di precisione o monogerme sono principalmente di tipo portato, costituite da un telaio su cui sono collegati un numero variabile di elementi seminatori (Fig. 2.3). Questi moduli possono essere fissi, cioè posti ad una determinata distanza tipica per una coltura (ad esempio 45 o 75 cm), oppure mobili se montati su un telaio telescopico, al fine di variare la distanza dell'interfila per poter seminare colture diverse. Quest'ultima soluzione permette di aumentare la polivalenza della macchina e sfruttarla al meglio.

I singoli elementi di semina sono collegati al telaio mediante un sistema a parallelogramma che consente l'oscillazione in verticale del modulo per permettere di mantenerlo parallelo alla superficie terreno e superare eventuali ostacoli che si possono trovare.

Ogni elemento di semina è dotato di tramoggia, sistema di distribuzione, organi assolcatori, dispositivi di chiusura del solco e compattamento del terreno oltre a eventuali accessori per la preparazione del terreno posti anteriormente agli assolcatori (Fig. 2.4). In alcuni modelli di seminatrici possono presentare un'unica tramoggia con sistema di distribuzione centralizzato.

Alla base della tramoggia, di forma atta a facilitare la discesa del seme, si trova la camera dell'apparato di distribuzione.



Fig. 2.4 Elemento di semina.

Il sistema di distribuzione delle seminatrici monogerme può essere di tipo meccanico oppure pneumatico; il primo ormai diffuso solamente in particolari contesti quali piccoli imprenditori in ambienti “confinati”.

Nelle seminatrici a distribuzione meccanica il distributore, posto alla base della tramoggia, può essere costituito da dischi forati che ruotano nel piano orizzontale oppure da tamburi alveolati o cinghie e tazze ruotanti nel piano verticale. I semi posti a contatto con questi organi in movimento vengono prelevati e trasportati fino in prossimità del foro di uscita verso l'assolcatore, qui un dispositivo di espulsione permette il distacco del seme e la sua discesa lungo il tubo adduttore.

Le seminatrici di tipo pneumatico si possono distinguere in due tipologie a seconda che operino in pressione o in depressione. Queste macchine prelevano il seme grazie ad un flusso d'aria creato da una turbina azionata dalla presa di potenza della trattrice.

Il sistema di distribuzione pneumatico per pressione è meno diffuso e impiegato soprattutto in quei modelli con sistema centralizzato. È costituito da un tamburo, dotato di più file di fori a forma di imbuto, che ruota a contatto con i semi: in questo modo per gravità i semi si inseriscono nei fori e un flusso d'aria in pressione svolge un effetto selettore, scalzando i semi in eccesso, e mantiene un seme nel fondo del foro. Il tamburo, ruotando, porta il seme in prossimità del tubo adduttore, dove è presente una zona in cui viene a mancare l'aria in pressione e il seme per gravità può cadere.

Il sistema in depressione è costituito da un disco forato che ruota nel piano verticale a contatto da un lato con i semi provenienti dalla tramoggia e da un lato con la camera di aspirazione, in cui viene creata la depressione per azione di un ventilatore centralizzato. Il disco preleva i semi per effetto della depressione che viene a crearsi a livello dei fori, che presentano un diametro leggermente inferiore a quello delle sementi. Il disco ruotando incontra un dispositivo selettore, che rimuove eventuali doppi semi presenti nei fori, permettendo al distributore di trasportarne uno solo. I semi restano in posizione fino a quando non giungono nel punto di espulsione dove viene a mancare la depressione, grazie ad una particolare guarnizione posta tra disco e camera di aspirazione, dove cadono per gravità lungo il tubo adduttore. Per assicurare che avvenga il distacco dei semi sono presenti delle piccole spazzole poste a contatto con il disco.

Gli organi assolcatori, che permettono di aprire il solco di semina e depositare in esso il seme, possono essere a forma di falciatore oppure a disco, singolo o doppio.

Anteriormente agli assolcatori possono essere installate ruote stellate sparti residuo, dischi variamente conformati per la lavorazione sulla linea di semina o vomeri sparti zolle.

Per mantenere una profondità di semina costante gli elementi di semina sono dotati di sistema a bilanciere, funzionante grazie a due ruote collegate posteriormente e anteriormente all'assolcatore, oppure una o due ruote indipendenti poste lateralmente agli assolcatori.

Completano l'operazione di semina eventuali ruotini premi seme, per aumentare il contatto seme-terreno, e gli organi chiudi solco, rappresentati da ruote in gomma o ruotini in gomma o metallo disposti a V, che permettono il riporto del terreno e il suo compattamento.

La trasmissione del moto al sistema di distribuzione è generalmente di tipo meccanico a catena, raramente accoppiato con alberini cardanici, con azionamento tramite una, o più, delle ruote di appoggio della seminatrice. In questo caso per variare la distanza di semina lungo la fila è necessario andare a modificare i rapporti del cambio per aumentare o diminuire la velocità dei dischi. Negli ultimi anni si stanno diffondendo sistemi con trasmissione azionata da motorini elettrici, anche uno per ogni elemento di semina, per aumentare l'efficienza della macchina; in questo modo è possibile ottenere una variazione più accurata e rapida della distanza di semina oltre a permettere la disposizione controllata del seme tra file adiacenti, il tutto attraverso il computer di bordo della seminatrice.

2.2 Caratteristiche tipiche della semina monogerme di precisione

La semina di precisione è una tecnica di semina che deve garantire la capacità di raggiungere determinati parametri, fondamentali per il futuro sviluppo della coltura, quali:

- distanza interfila tipica della coltura;
- ottenere una distanza intrafila il più possibile vicina a quella teorica voluta;
- profondità di semina costante ottimale per la specie.

Questi obiettivi permettono di raggiungere un investimento finale ottimizzato al fine di sfruttare al meglio la capacità produttiva della coltura e dei fattori produttivi impiegati durante la coltivazione.

Questo dipende essenzialmente dalle macchine impiegate che devono essere costruite in modo tale da mantenere costanti questi parametri, durante lo svolgimento dell'operazione, e presentare dei sistemi di regolazione che ne permettono la loro variazione.

È di fondamentale importanza porre l'attenzione non solo sulla precisione del sistema di distribuzione, ma anche sulle strutture di trasporto del seme fino agli assolcatori. Una conformazione non ottimale dei tubi adduttori può andare a ostacolare la discesa dei semi, provocando rimbalzi e variazioni della traiettoria ideale. Questi problemi possono portare a distanze di semina irregolari che non sono da attribuire al solo distributore.

Non raggiungere una distanza regolare e ottimale lungo la fila porta ad una densità finale che non assicura la massima produttività della coltura, per il ridotto numero di piante in campo o per un'eccessiva competizione tra le piante coltivate. In quest'ultimo caso si ha anche uno spreco di sementi, fattore che in molte colture è una voce di spesa importante.

La densità ottimale è studiata, per ogni singola coltura, proprio per assicurare alle piante di avere a disposizione la massima disponibilità di nutrienti, acqua, luce e aria e per ottenere la massima efficienza dei fattori produttivi utilizzati, quali i fertilizzanti.

Per questi motivi l'esecuzione della semina di precisione è un'operazione molto delicata che varia a seconda della coltura trattata.

Di seguito si riportano le descrizioni delle colture più importanti nel nostro ambiente per cui si ricorre alla semina di precisione, con le caratteristiche richieste per la semina.

2.2.1 Barbabietola da zucchero

La barbabietola è una coltura molto importante a fini economici per l'estrazione dello zucchero, prodotto che vede la sua domanda in continua crescita a livello mondiale (Fig. 2.5).

I centri di origine della barbabietola attuale sono il Bacino del Mediterraneo e le Isole Canarie e l'Asia Sud-occidentale. Da qui si è diffusa in tutto il mondo grazie al suo areale di coltivazione diverso da quello della canna, unica coltura da cui inizialmente

veniva estratto lo zucchero. Nel nostro Paese la coltivazione della barbabietola si diffuse più in là negli anni, e soprattutto nel Nord, a causa delle condizioni non del tutto favorevoli a questa coltura che portano ad ottenere rese produttive e in saccarosio molto inferiori. La sua coltivazione ha permesso la bonifica di ampie zone costiere soprattutto in Veneto ed Emilia-Romagna e si è diffusa rapidamente grazie alla sua comunque buona redditività rispetto a molte altre colture. In Italia attualmente la coltivazione di questa specie è in drastica riduzione a causa delle difficoltà che incontra in questi ambienti, quali: le condizioni ambientali che favoriscono la diffusione di malattie e parassiti che compromettono in maniera importante la produzione e la riduzione del prezzo da attribuire agli elevati costi di produzione dello zucchero, causati da una ridotta efficienza delle strutture del comparto zucchero italiano.

La barbabietola da zucchero ha subito negli anni un intenso lavoro di miglioramento genetico per aumentare il peso delle radici, il titolo zuccherino, la resistenza alle avversità e alla prefioritura, l'ottenimento della monogermia e l'adattabilità alla semina autunnale. Caratteristiche che hanno consentito di migliorare la tecnica di coltivazione di questa coltura.

Di fondamentale importanza è stato il miglioramento che ha riguardato le strutture riproduttive della pianta. La barbabietola è, infatti, una pianta che produce dei glomeruli plurigerme, di forma rotondeggiante, rugosi e grinzosi, costituiti da più frutti, generalmente da 1 fino a 6, ciascuno contenente un seme. La semina di questi glomeruli porterà alla formazione di più piante che dovranno necessariamente essere rimosse manualmente attraverso il diradamento. Per questo motivo si sono selezionate piante che producono glomeruli monogermi genetici costituiti da un solo frutto con forma appiattita e corona a forma di stella. L'introduzione del monogermi genetico ha comportato una lievitazione del prezzo delle sementi, tanto da rendere questo seme economicamente conveniente solo per l'agricoltura specializzata e meccanizzata.

I glomeruli, di calibro variabile generalmente da 3,5 a 5 mm, data la forma grinzosa e rugosa vengono venduti confettati, in altre parole ricoperti di materiali inerti e prodotti anticrittogamici, per renderli sferici e facilitare l'operazione di semina.

La semina della barbabietola da zucchero nelle regioni meridionali può avvenire in autunno grazie al clima più caldo, mentre nel resto d'Italia si effettua una semina

primaverile che al Nord inizia a fine febbraio-inizio marzo, quando la temperatura raggiunge i 10-12°C per ottenere una germinazione rapida.

La semina avviene con seminatrice di precisione in file distanti 45 cm e distanza sulla fila di 15-16 cm, quest'ultima varia però a seconda dell'epoca di semina e delle condizioni del terreno; l'obiettivo è di ottenere una densità di investimento di 10-11 piante/m². In questa coltura è di fondamentale importanza raggiungere la densità ottimale in quanto non è in grado di recuperare eventuali fallanze, tanto che con investimenti inferiori alle 7 piante/m² è opportuno ricorrere all'estirpo della coltura. La profondità di semina varia fra 2,5 e 4 cm ed è importante sia uniforme, non solo per ottenere un'emergenza contemporanea delle piante, ma anche per facilitare le operazioni di raccolta successive. Durante la raccolta, l'irregolare distanza sulla fila e l'altezza del colletto dal terreno comportano una diminuzione della qualità del raccolto, a causa di mancati scollettamenti, oppure della quantità per eccessivo scollettamento.

Per una semina ottimale con seminatrici di precisione di tipo pneumatico è bene non superare velocità di 4-5 km/h mentre con quelle meccaniche gli 8 km/h, purché il letto di semina sia ben preparato.



Fig. 2.5 Campo di barbabietola da zucchero.

2.2.2 Mais

Il mais è tra le colture più diffuse al mondo e la prima per produzione. Questa pianta originaria dell'America Centrale, introdotta in Spagna e rapidamente negli altri Paesi europei, si diffuse in tutto il mondo concentrandosi soprattutto in America

Settentrionale. In Italia interessa principalmente le regioni settentrionali, e in particolare il comprensorio della Pianura Padana.

Il mais è impiegato sia nell'alimentazione umana diretta, anche se in contrazione, sia per usi zootecnici e le lavorazioni industriali. Questa coltura viene utilizzata per la produzione di amido, oli, proteine e derivati, ma anche per la produzione di energia e di biocarburanti.

Il granoturco ha subito notevoli interventi di miglioramento genetico rivolti principalmente ad aumentare la produttività, intervenendo sia sul portamento della pianta sia sulle spighe. L'utilizzazione di seme ibrido e la corretta gestione agronomica della coltura hanno reso possibile un aumento della resa di oltre 10 volte.

Il mais è una pianta monoica che porta l'infiorescenza femminile, una spiga, all'ascella delle foglie (Fig. 2.6). La spiga porta una serie di file di spigchette che potenzialmente possono diventare 700-1000 cariossidi.

Le cariossidi sono il "seme" del mais, ovvero un frutto secco indeiscente, che a seconda del tipo di endosperma presenta diversa frattura e utilizzazione. Generalmente ha una forma schiacciata e appuntita e colore molto vario, bianco, giallo, rosso o nero.



Fig. 2.6 Terreno coltivato a mais.

La semina del mais in Italia Settentrionale avviene tra fine marzo e aprile, in ogni caso l'epoca di semina è fortemente influenzata dalla temperatura del terreno. Questa coltura non germina sotto i 10°C mentre a 15°C la germinazione è rapida e in 10 giorni circa la pianta fuoriesce dal terreno.

La densità di semina ha subito una notevole variazione nel corso degli anni, e anche tuttora è in corso di valutazione. Con l'introduzione di ibridi con portamento eretto delle foglie l'auto-ombreggiamento è diminuito e le piante hanno a disposizione una maggiore quantità di radiazione, permettendo densità d'impianto maggiori. Attualmente si consigliano investimenti reali di 7-8 piante/m² per gli ibridi precoci e 6-7 piante/m² per gli ibridi più tardivi, con la direzione di portarsi verso le 10 piante/m².

La semina avviene con seminatrici di precisione con distanza tra le fila di 75 cm e intrafila generalmente di 16-20 cm. È possibile ricorrere anche a seminatrici con interfila di 45 cm ma in questo caso la distanza sulla fila aumenta a 25-28 cm.

La profondità di semina è di fondamentale importanza per permettere un'elevata percentuale di germinazione ed una rapida emergenza delle piantine, al fine di evitare danni da parte dei parassiti e marciumi. In linea generale non si dovrebbero superare i 5-6 cm di profondità, ma in terreni secchi e grossolani si può arrivare fino a 8-10 cm per cercare terreno umido ed evitare che la piantina "prenda luce" prima di fuoriuscire.

È necessario raggiungere l'investimento ottimale per evitare un'eccessiva competizione tra le piante o eventuali fallanze, che non possono essere recuperate dal mais. Questi inconvenienti non consentono di ottimizzare la coltura compromettendo la produzione finale.

2.2.3 Soia

La soia è la più importante fonte vegetale di olio e di proteine per impiego alimentare a livello mondiale. Originaria dell'areale Cinese si è diffusa in tutto il mondo e la produzione maggiore avviene in America, in particolar modo USA, Brasile e Argentina. In Italia la soia si è diffusa "recentemente" e si trova quasi esclusivamente nella Pianura Padana.

Coltura molto impiegata per l'alimentazione umana ma anche per utilizzi non food. In quest'ultimo caso sotto molteplici usi, tra cui anche la produzione di biodiesel.

La soia ha subito, e sta subendo, svariati lavori di miglioramento genetico finalizzati non solo all'aumento delle rese, ma soprattutto alle caratteristiche qualitative dei semi. Si ricercano e studiano le capacità della pianta di sintetizzare svariate sostanze, che vengono stoccate nei semi e che possono essere impiegate per diversi scopi. Esempi di questo tipo riguardano la composizione dell'olio e la produzione e accumulo di isoflavoni.

La soia è una pianta cespugliosa, eretta, fogliosa, che porta fiori riuniti in racemi ascellari da cui si formeranno i baccelli (Fig. 2.7). All'interno dei baccelli si trovano i semi in numero di 1-5, questi hanno forma variabile da appiattiti e allungati a ellittici o perfettamente sferici.

La soia è in grado di produrre bene anche con semine distribuite in un ampio periodo di tempo, nel Nord Italia da aprile a luglio; per questo è molto impiegata anche come secondo raccolto dopo frumento o orzo. Il periodo ottimale per la semina nel Settentrione va da fine aprile a inizio maggio.

L'investimento ottimale varia da 35 a 45 piante/m², ma sono valori orientativi in quanto variano molto dalle condizioni del terreno e dal tipo di varietà. In ogni caso la soia è in grado di superare bene eventuali problemi alla semina grazie alla sua plasticità. Le fallanze che possono verificarsi sono superate bene attraverso la formazione di ramificazioni, tanto che se le fallanze non sono molto rilevanti la produzione non ne risente.



Fig. 2.7 Coltivazione di soia.

La semina può avvenire con seminatrici a righe, anche se i migliori risultati si ottengono con seminatrici di precisione. In quest'ultimo caso si ricorre ad un'interfila di 45 o 75 cm. Con interfila di 75 cm la pianta produce maggiori ramificazioni aumentando la scalarità di maturazione e sono più probabili danni per competizione con le malerbe a causa della maggior disponibilità di aria e luce presente nell'interfila. Nelle semine con interfila stretta si rischiano invece maggiori problemi fitosanitari e stress di tipo idrico.

La distanza sulla fila varia a seconda dell'interfila, con semina a 75 cm l'intrafila è di 3-4 cm mentre a 45 cm la distanza aumenta a 5-6 cm.

La profondità di semina è di circa 3 cm ma può arrivare a 4-5 cm. È di fondamentale importanza non interrare eccessivamente i semi per evitare mancate emergenze a causa di formazione di crosta superficiale e marciumi dei semi.

2.2.4 Girasole

Il girasole è originario dell'Ovest degli Stati Uniti, dove costituiva un'importante fonte di nutrimento per le popolazioni locali. In seguito si è diffuso in tutta l'America e in Europa, anche se inizialmente molto lentamente. Solamente dopo la scoperta di un metodo conveniente di estrazione dell'olio, il girasole fu considerato pianta oleifera e acquisisce un ruolo importante nell'agricoltura europea.

La coltivazione di questa pianta offre diversi vantaggi quali la valorizzazione degli ambienti a siccità estiva, la buona produttività, ottenimento di un prodotto da cui è possibile estrarre un olio di ottima qualità sia per il suo valore nutrizionale sia per le caratteristiche fisiche-chimiche.

Da questo momento il girasole ha subito un intenso lavoro di miglioramento genetico rivolto ad aumentare la produttività, la costituzione di ibridi, il contenuto di olio, la qualità dell'olio e la tipologia di acidi grassi che lo costituiscono.

Il girasole viene impiegato per l'estrazione di olio per uso umano ma anche per usi industriali. L'olio viene utilizzato come componente dei colori per la verniciatura e per la produzione di biodiesel.

In Italia è maggiormente coltivato nelle regioni centrali e in Emilia Romagna.

Il girasole è una pianta eretta che all'apice porta l'infiorescenza, una calatide, che presenta numerosissimi fiori sul ricettacolo discoidale (Fig. 2.8). A maturazione questi fiori danno origine ai frutti. Il frutto del girasole è un achenio compresso di forma allungata che correntemente viene denominato impropriamente seme.

Il girasole nell'Italia Settentrionale viene seminato alla fine di marzo-aprile, generalmente prima del mais, in quanto la germinazione inizia con temperatura del terreno di 6-7°C.

La densità di semina varia da 7-9 semi/m² per ottenere un investimento finale di 6-7 piante/m². È di fondamentale importanza il numero di piante/Ha ai fini della produzione dato che il girasole produce una sola calatide per pianta. In caso di bassi investimenti è

comunque in grado di compensare abbastanza la produzione aumentando il numero di semi per calatide e il loro peso unitario, ma a scapito dell'accumulo di olio.

La semina avviene con seminatrici di precisione con interfila di 75 cm, anche se è possibile ridurre la distanza a 45 cm. Con interfila stretta si riducono i problemi di competizione con le infestanti che si possono sviluppare tra le file, ma è necessario ricorrere a varietà a taglia ridotta per non penalizzare la ricezione della luce da parte della coltura.

La distanza lungo la fila, con interfila tipica di 75 cm, è di 16-20 cm. La deposizione del seme avviene ad una profondità di 3-4 cm e deve essere uniforme.



Fig. 2.8 Campo di girasoli.

2.3 L'importanza della semina regolare

La precisione nella semina è fondamentale per una buona riuscita della coltura e la riduzione degli input per aumentarne la redditività.

Si parla di semina regolare nelle seminatrici di precisione quando la distanza reale di deposizione è compresa tra la metà e 1,5 volte la distanza teorica di semina.

Per un'ottimale distribuzione del seme è necessario che, a qualsiasi velocità, il distributore garantisca il rilascio del seme sul terreno seguendo determinati requisiti. In particolare: la direzione di rilascio del seme dal disco deve coincidere con l'asse del tubo adduttore, il seme deve assumere una velocità relativa nulla rispetto al terreno, il seme deve venire liberato il più possibile vicino al solco di semina.

Queste condizioni sono necessarie per evitare di incorrere nelle problematiche delle seminatrici di precisione, quali: le FALLANZE e le DOPPIE DEPOSIZIONI (Fig. 2.9). Queste due situazioni sono dannose per la coltura in quanto portano a ridurre l'investimento o a un'eccessiva deposizione di semi con conseguente aumento della dose distribuita.



Fig. 2.9 Irregolarità nella semina di precisione: FALLANZE (1) e DOPPIE DEPOSIZIONI (2).

2.3.1 Le fallanze

Le fallanze sono l'evento per cui durante la deposizione dei semi lungo la fila di semina si verificano delle mancate deposizioni. Si parla di fallanza quando la distanza tra due semi ha valori superiori a 1,5 volte la distanza teorica di semina.

Il motivo del verificarsi delle fallanze può essere dovuto essenzialmente a due fattori: la depressione esercitata sul disco e la caduta del seme lungo il tubo adduttore.

La scorretta regolazione del ventilatore che crea la depressione sul disco può influenzare questo problema. Una pressione di aspirazione troppo bassa sui fori del disco comporta una ridotta forza con cui i semi vengono trattiene e pertanto tendono a staccarsi prima di arrivare nella zona di espulsione del seme. Questa condizione può essere dovuta anche da un'eccessiva velocità di rotazione del disco, da un diametro dei fori troppo piccolo per il seme impiegato e dalla forma del seme. La forma del seme può influire sulla fluidità con cui i semi scendono dalla tramoggia verso la zona in cui vengono a contatto con il disco. Anche una regolazione troppo chiusa del selettore può far scalzare il seme dal disco.

Eventuali traiettorie anomale dei semi, durante la caduta lungo il tubo adduttore, possono causare rimbalzi che modificano la frequenza con cui i semi raggiungono il terreno provocando distribuzioni non regolari e fallanze.

Nelle moderne seminatrici lungo i tubi adduttori sono presenti delle fotocellule. Queste rilevano il passaggio dei semi inviando un segnale elettrico ad una centralina che valuta la frequenza con cui i semi passano nel tempo. In questo modo nel momento in cui si verificano delle fallanze, viene generato un segnale che avvisa l'operatore. Generalmente questi sensori permettono di individuare eventuali guasti al sistema di trasmissione del moto o al sistema di distribuzione e il momento in cui le tramogge si svuotano. Questo è dovuto al fatto che la centralina non è in grado di segnalare una sola fallanza durante una frequenza regolare di semi, ma solamente una serie elevata di fallanze.

La fallanza è causata da una perdita netta di prodotto in quanto in una determinata zona del terreno non è presente alcuna pianta. Infatti, è preferibile che nello stesso punto siano presenti più individui che avranno produzioni minori ma che comunque danno una resa.

Le fallanze pertanto vanno a provocare un mancato reddito, che a seconda della percentuale di incidenza con cui si manifesta il problema, può incidere molto sul reddito finale ottenuto dall'agricoltore in relazione alla superficie seminata.

2.3.2 Le doppie

Le doppie si verificano quando nello stesso punto del terreno invece di essere presente un solo seme si trovano due o più esemplari. Nella pratica si parla di doppia deposizione quando la distanza reale ha valori inferiori alla metà della distanza teorica di semina.

Questo evento può essere dovuto alla presenza nello stesso foro del disco di due o più semi. Si parla in realtà di doppia quando sono presenti due semi per foro, di tripla con tre fori e così via.

Generalmente questo si verifica quando il diametro dei fori è troppo grande rispetto ai semi che devono attaccarsi, e il problema è tanto maggiore quanto più irregolare è la forma dei semi stessi. È fondamentale disporre di dischi di semina con fori di diametro tale che il seme li ostruisca perfettamente, ma facendo attenzione a non avere fori troppo piccoli che creano una forza di suzione troppo ridotta.

Per ovviare al problema delle doppie è possibile intervenire sul selettore in modo che lavori maggiormente a contatto con la fila di semi attaccati al disco. Il selettore in questo modo rimuove eventuali semi in soprannumero presenti nei fori, lasciandone uno e posizionandolo meglio sul foro.

Anche nel caso delle doppie una traiettoria anomala dei semi nei tubi adduttori può influenzare il problema. Due semi che si staccano dal disco con cadenza regolare, a causa di rimbalzi che possono verificarsi, escono dal tubo adduttore e cadono sul terreno nel medesimo instante andando a occupare lo stesso spazio.

Le doppie sono causa di competizione tra esemplari della stessa specie, la coltura seminata, in quanto costrette a sopravvivere in uno spazio destinato ad un solo individuo. La competizione riguarda la disponibilità idrica, la disponibilità delle sostanze nutritive presenti e apportate al terreno, la radiazione che raggiunge le foglie e l'aria a disposizione delle piante. Questi fattori sono causa di diminuzione delle produttività della coltura e dell'efficienza dei fattori produttivi impiegati, come il concime.

Le doppie sono un problema che riguarda anche lo spreco di sementi distribuite per unità di superficie e questo può provocare un aumento dei costi, se messo in relazione con un numero rilevante di ettari.

2.4 Sistemi di regolazione delle macchine monogerme

Le seminatrici di precisione proprio per le caratteristiche del tipo di semina sono dotate di diversi meccanismi che permettono di regolare con precisione diversi parametri. In questo modo consentono di eseguire una semina perfetta che rispetta i requisiti di ogni singola coltura e tipo di terreno.

I sistemi di regolazione presenti nelle seminatrici possono essere di tipo manuale, elettrica fino a completamente automatica, con la tendenza di andare verso queste ultime due soluzioni.

I sistemi di regolazione riguardano profondità di semina, distanza di deposizione sulla fila e sistema di distribuzione. In quest'ultimo caso interessano il livello di depressione, il tipo di disco e apertura del selettore.

Di seguito si riportano le descrizioni dei sistemi di regolazione che riguardano il sistema di distribuzione.

2.4.1 Disco

I dischi di semina sono dei piatti metallici circolari, ruotanti, che presentano una fila di fori perimetrali. Ogni casa produttrice di seminatrici crea i propri dischi, anche se sono tutti simili tra di loro. Le differenze riguardano la tipologia del foro centrale che permette di collegare il disco al sistema di trasmissione e consentendone la rotazione, il diametro esterno del disco, la forma delle eventuali alette o sporgenze che mantengono in agitazione i semi nella zona in prossimità del disco (Fig. 2.10).

Il numero dei fori e il loro diametro varia dal tipo di coltura, ma anche dalle dimensioni dei semi delle diverse varietà o ibridi all'interno della stessa specie. Il numero dei fori del disco varia da coltura a coltura per il fatto che l'intrfila è diversa. Anche con la stessa coltura può essere necessario ricorrere a dischi con un numero di fori diverso per variare la distanza sulla fila, in quanto il cambio di velocità della seminatrice non è in grado di raggiungere la distanza voluta. Ad esempio generalmente su mais si impiegano dischi da 24-26 fori, su barbabietola dischi da 36-72 fori, mentre su soia 72 fori soprattutto per semine ad alta velocità.

Il diametro dei fori è molto vario, anche all'interno della stessa coltura, questo perché i semi di varietà diverse hanno dimensioni diverse. Questo fenomeno può verificarsi anche all'interno della stessa varietà in anni diversi, a causa dell'andamento climatico dall'annata in cui sono stati prodotti i semi. Per esempio su mais si possono utilizzare fori con diametro da 3,5 a 5,5 mm oppure su soia da 3 a 4,5 mm.

La velocità di rotazione del disco varia molto a seconda della velocità di semina, della distanza sulla fila e il numero di fori del disco. Aumentando la velocità di rotazione del disco è ovvio che aumenta la probabilità di avere doppie, ma soprattutto fallanze. Per questo motivo quando si vuole operare con velocità di avanzamento elevate è opportuno utilizzare dischi di semina con un numero maggiore di fori in modo che il disco compia un numero minore di rotazione nell'unità di tempo.

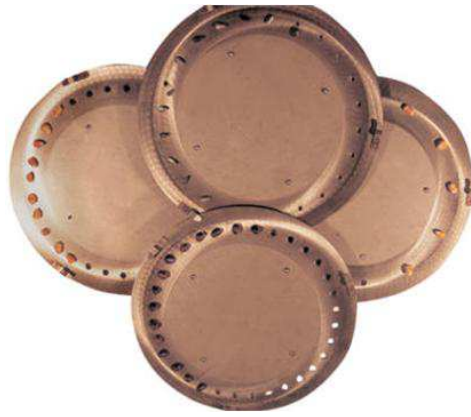


Fig. 2.10 Dischi di semina con diverso numero di fori e diametro.

2.4.2 Depressione

La depressione viene creata attraverso un ventilatore centrifugo, azionato generalmente dalla presa di potenza della trattrice. Per una corretta regolazione del livello di pressione è necessario portare il regime di rotazione del motore del trattore a un determinato valore. A questo punto è possibile registrare la depressione d'esercizio ottimale agendo manualmente su delle bocchette di aspirazione del ventilatore o attraverso un sistema computerizzato con attuazione elettrica.

La regolazione è importante sia fatta con macchina in movimento in quanto, mentre la macchina gira a vuoto la pressione di aspirazione è più alta rispetto a quella di esercizio.

A seconda del numero e del diametro dei fori del disco e del seme impiegato, la depressione impiegata è diversa.

La regolazione del ventilatore è di fondamentale importanza, infatti, operando con depressione troppo bassa aumenta l'incidenza del verificarsi fallanze.

2.4.3 Selettore

Il selettore è un meccanismo con forma e dimensione diversa a seconda del modello di seminatrice e della ditta produttrice. Questo dispositivo si trova a contatto con il disco di semina ed è sempre di tipo statico, collegato alla camera di aspirazione oppure al copridisco. Può essere costituito da una serie di perni in plastica collegati fra di loro oppure da una lama metallica dentellata a forma di mezzaluna, ma in tutti i casi segue la traiettoria circolare compiuta dalla fila di fori del disco (Fig. 2.11).



Fig. 2.11 Sistema di regolazione (a sinistra) e selettore (a destra).

La funzione del selettore è quella di evitare che si verifichino doppie andando a rimuovere o spostare gli eventuali semi presenti in soprannumero nei fori. Questo meccanismo può essere regolato a seconda delle necessità. Quando si opera con selettore tutto aperto significa che l'elemento non va a interessare la fila di fori, mentre al contrario quando è tutto chiuso va ad ostruire completamente i fori andando a scalzare tutti i semi.

La regolazione del selettore dipende dalle dimensioni del seme e dei fori del disco. Quando si lavora con semi di forma regolare e dimensione ottimale dei fori la funzione del selettore è praticamente nulla e quindi si può posizionare su valori elevati. Questo perché i semi quando vengono aspirati dai fori vanno a chiudere completamente l'apertura impedendo che altri semi possano attaccarsi. All'aumentare della differenza di dimensione tra le sementi ed i fori e della irregolarità della forma dei semi è necessario aumentare la chiusura del selettore. Il meccanismo provvederà quindi ad eliminare eventuali doppie o triple e allineare perfettamente i semi rimasti.

Occorre fare attenzione a non chiudere troppo il selettore per non andare incontro al problema opposto delle fallanze, a causa della rimozione di alcuni dei semi singoli presenti nei fori.

La regolazione del selettore dipende anche dalla velocità con cui il disco di semina ruota e in maniera minore dal livello di depressione durante il funzionamento della macchina.

2.5 La trasmissione

La trasmissione del moto al sistema di distribuzione, in particolare ai dischi di semina, può avvenire attraverso due modalità.

Normalmente, la rotazione del disco di semina avviene per derivazione del moto da una delle ruote della seminatrice per ottenere un'effettiva distribuzione del seme in funzione della velocità di avanzamento. La distribuzione sarà quindi proporzionale alla velocità di avanzamento. Questa trasmissione è di tipo meccanica, composta da un notevole numero di ingranaggi e rinvii del moto (Fig. 2.12). Per variare la distanza di semina sulla fila è necessario combinare o sostituire fisicamente gli ingranaggi oppure sfruttare dei cambi meccanici di velocità. Questi tipi di organi, a causa anche dell'elevato numero di cicli che compiono durante una giornata di lavoro, richiedono manutenzione e controlli periodici per valutarne lo stato ed eventualmente la riparazione. Inoltre, risulta piuttosto complicato escludere temporaneamente la semina delle singole file se non interrompendo la depressione sul singolo elemento.



Fig. 2.12 Seminatrice con trasmissione meccanica e scatola del cambio per variare l'intrafila.

Di recente è comparsa una soluzione alternativa, dove ogni elemento di semina viene azionato individualmente da un motore elettrico di potenza limitata (Fig. 2.13). Il motorino elettrico può essere collegato direttamente al disco distributore oppure indirettamente attraverso una cinghia dentata. Una centralina di controllo riceve il segnale della velocità, dal radar installato sul trattore o da un dispositivo GPS ad alta

precisione, e alimenta di conseguenza i motori. In questo modo si fa variare la velocità di rotazione in base all'avanzamento.

La trasmissione di tipo elettrica risulta sicuramente migliore rispetto a quella meccanica, sebbene tecnicamente più complessa per la presenza di connessioni elettriche. Con questa trasmissione il peso della macchina si riduce notevolmente grazie all'eliminazione di ingranaggi, catene e alberi di trasmissione, che consentono anche di risparmiare sulla manutenzione. L'assenza di collegamenti meccanici tra i diversi distributori permette di mettere a punto facilmente seminatrici ripiegabili e richiudibili telescopicamente.

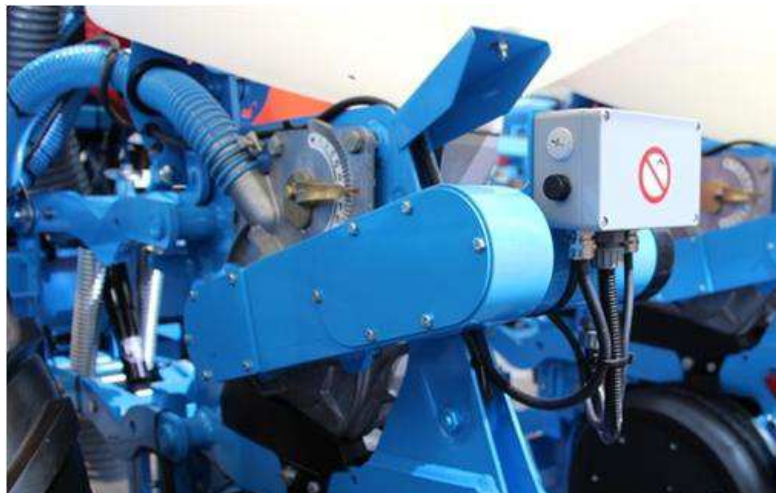


Fig. 2.13 Motore elettrico per l'azionamento del sistema di distribuzione.

Le seminatrici di precisione pneumatiche ad azionamento elettrico presentano una serie di vantaggi che si ripercuotono sulla qualità della semina, quali:

- la velocità dei dischi di semina può essere modificata indipendentemente dalla velocità di avanzamento permettendo di variare la distanza di semina durante il lavoro, agendo semplicemente sul terminale della seminatrice presente in cabina;
- interrompere semplicemente la deposizione del seme del singolo elemento arrestando il singolo motore elettrico (Fig. 2.14);
- rapidità di variazione della distanza di semina a qualsiasi velocità di avanzamento senza la necessità di dover sostituire il disco o agire sul cambio della seminatrice;
- possibilità di sincronizzare la rotazione dei diversi motori elettrici per permettere la deposizione dei semi in file parallele anche trasversalmente alla direzione di semina

oppure sfalsati a quinconce per migliorare la distribuzione delle piante nello spazio (Fig. 2.14).

Le macchine con trasmissione elettrica sono molto più complesse rispetto a quelle meccaniche ma permettono di sfruttare al meglio la seminatrice e di ottenere un lavoro di qualità migliore, effettuando operazioni che non sarebbe possibile eseguire con le macchine a trasmissione meccanica tradizionale.



Fig. 2.14 Vantaggi della trasmissione elettrica: stacco semplice e preciso delle file (a sinistra) e disposizione dei semi a file sfalsate (a destra.)

Capitolo 3

DESCRIZIONE DEL PIANO SPERIMENTALE

3.1 Gli obiettivi

Lo scopo di questo lavoro è studiare il funzionamento di un elemento di semina pneumatico di precisione prodotto dalla MaterMacc, azienda produttrice di seminatrici e altre macchine agricole, con sede a San Vito al Tagliamento in provincia di Pordenone (Friuli Venezia Giulia).

Lo scopo ultimo è di fornire alla ditta una relazione dettagliata per capire quale sistema di trasmissione, meccanico o elettrico, fornisce i migliori risultati del sistema di distribuzione. Per raccogliere una serie sufficiente di dati su cui basare lo studio, l'elemento di semina è stato testato prendendo in considerazione una serie di variabili, elencate e descritte di seguito.

I risultati sono stati ottenuti basandosi sul rilevamento delle deposizioni doppie o mancate, in altre parole sugli errori che si verificano in determinati intervalli di tempo.

Durante il lavoro è stato possibile valutare anche l'influenza del tubo adduttore sulle performance di semina dell'elemento, per fornire all'azienda anche eventuali azioni che si possono attuare su questo organo per migliorarne i risultati.

3.2 Il banco prova

Le prove sono state svolte nel laboratorio di meccanica del DAFNAE dell'Università di Padova, utilizzando un banco prova fornito dall'azienda MaterMacc. Il banco prova è

costituito da un elemento di semina di una seminatrice e dalla strumentazione necessaria per il suo funzionamento e controllo (Fig. 3.1).



Fig. 3.1 Il banco prova fornito dalla MaterMacc.

L'elemento di semina, del tutto simile a quello delle macchine utilizzate in campo, viene mantenuto in posizione da un telaio. Il collegamento tra i due avviene per mezzo di una struttura a parallelogramma. In questo caso però all'elemento seminatore sono stati rimossi gli organi assolcatori, con le ruote di profondità e i ruotini chiudi solco dato che non sono importanti ai fini di questa sperimentazione. Il tubo adduttore è stato modificato rimuovendone un lato e sostituendolo con un pannello di plastica trasparente, opportunamente sagomato, per rendere visibile la traiettoria che compiono i semi quando si staccano dal disco. Per lo stesso motivo di visibilità il copridisco è di materiale plastico trasparente.

Il movimento del disco può avvenire sia attraverso una trasmissione di tipo meccanico sia di tipo elettrico. Sul telaio è, infatti, presente tutta la catena cinematica presente su una seminatrice a trasmissione meccanica, con ingranaggi, catene e cambio di velocità, che collega il sistema di distribuzione con la ruota di appoggio da cui prende il moto. In questo caso al posto della ruota della seminatrice è presente un motore elettrico che simula la rotazione della ruota sul terreno. Per simulare l'azionamento elettrico della seminatrice l'ultima corona dentata, calettata al sistema di

distribuzione, può essere collegata direttamente a un motorino elettrico con caratteristiche del tutto simili a quelli impiegati nelle macchine già in commercio. Durante il funzionamento con questa modalità è necessario scollegare la trasmissione meccanica rimuovendo una semplice copiglia che stacca la penultima corona dentata dalla catena cinematica, in modo che ruoti solidale con il motorino elettrico (Fig. 3.2).



Fig. 3.2 Trasmmissione elettrica e parte di quella meccanica del sistema di distribuzione.

La depressione sul disco di semina viene creata da un ventilatore centrifugo azionato anche questo da un motore elettrico, a esso collegato tramite una cinghia.



Fig. 3.3 Centralina per il controllo dell'elemento.

Tutti e tre i motori elettrici sono controllati da una centralina che ne consente il singolo azionamento e variazione della velocità. La stessa centralina riporta anche i valori acquisiti da tutti i sensori presenti nella macchina (Fig. 3.3). L'elemento presenta un sensore per rilevare costantemente la depressione di esercizio, una serie di sensori

collegati ai rotismi della trasmissione e altri collegati a delle fotocellule poste nel tubo adduttore. Tutti gli ingranaggi della catena cinematica sono dotati di sensore di rivelamento della velocità per controllarne il funzionamento e gli eventuali attriti e slittamenti che si possono verificare.

Ai fini di questa sperimentazione di fondamentale importanza sono i sensori collegati alle fotocellule del tubo adduttore (Fig. 3.4). Le fotocellule sono presenti in numero di tre e posizionate alla sommità, nella parte mediana e all'estremità del tubo adduttore. Le fotocellule rilevano il passaggio del seme dal momento in cui entra nel tubo fino alla sua uscita. In questo modo è possibile calcolare la frequenza dei passaggi dei semi tra le tre fotocellule e determinare il verificarsi di doppie e/o fallanze.



Fig. 3.4 Fotocellule montate sul tubo adduttore.

3.3 Modalità di esecuzione dei test

Le prove prevedono di rilevare i dati forniti dai sensori presenti nell'elemento di semina durante il suo funzionamento.

La centralina permette di salvare i dati provenienti dai sensori su una memoria esterna, rappresentata da una scheda SD. La centralina presenta un'elettronica molto semplice, infatti, è necessario per la registrazione dei dati che nella scheda SD sia presente già il file vuoto su cui verranno salvati i dati. Dopo ogni rilevazione bisogna togliere la memoria per esportare i dati e inserire il file vuoto.

Il file creato riporta il tempo di passaggio dei semi sulle tre fotocellule presenti nel tubo adduttore e ogni 0,50 secondi la velocità di rotazione di tutti gli ingranaggi, quindi anche del disco di semina, e del livello di depressione rilevati dai sensori. Ogni

rilevamento effettuato ha una durata di poco superiore al minuto in modo da poter analizzare il funzionamento della seminatrice per 60 secondi.

Per una corretta raccolta dei dati la registrazione del file viene attivata, tramite apposito pulsante, dopo aver atteso un certo periodo dall'accensione del dispositivo che permette la rotazione del disco e del ventilatore centrifugo. In questo modo i vari rotismi raggiungono l'ottimale regime di rotazione e la turbina crea la depressione ottimale voluta. La registrazione verrà fermata nel momento in cui si supera di poco il minuto di registrazione e solo successivamente si potrà fermare la macchina e spegnere la centralina per rimuovere la scheda SD.

Durante i test per operare sempre nelle stesse condizioni si deve mantenere la tramoggia dell'elemento di semina sempre ben riempita in modo che, per tutto il periodo di tempo della registrazione dei dati, il distributore risulti alimentato allo stesso modo.

I file così ottenuti sono stati analizzati in modo da valutare il funzionamento del sistema di distribuzione attraverso la probabilità che si manifestino doppie e fallanze, a seconda delle variabili prese in considerazione.

Durante i 60 secondi di registrazione dei dati sono stati fatti dei video di circa 20 secondi, riprendendo il disco distributore e il tubo adduttore, per poter osservare e analizzare anche la traiettoria che compiono i semi dal momento del distacco dal disco fino all'uscita dal tubo.

3.4 Le variabili

Per valutare il funzionamento del sistema di distribuzione è necessario far lavorare l'elemento di semina in diverse condizioni. Per ottenere ciò sono state prese in considerazione una serie di variabili:

- tipo di seme;
- velocità di rotazione del disco;
- numero di fori del disco;
- diametro dei fori del disco;
- posizione del ferretto;
- posizione del selettore;
- tipo di selettore;
- livello di depressione;
- tipo di trasmissione.

3.4.1 Semi utilizzati

Per le prove sono stati utilizzati i semi delle colture più importanti per cui si ricorre alla semina di precisione. Inoltre questi presentano caratteristiche molto diverse per quanto riguarda forma, dimensione e peso (Fig. 3.5). In questo modo è possibile testare l'elemento di semina in un ampio scenario che rispecchi la realtà operativa. Oltre alle sementi sono state impiegate delle piccole palline per ottenere dei risultati standard con cui effettuare dei confronti.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle sfere e dei semi impiegati nei test.

- **Pallini da Softair**

Le munizioni dei fucili di precisione che vengono utilizzati a scopo ludico hanno delle caratteristiche perfette per testare una seminatrice di precisione. Per garantire dei buoni risultati a chi li utilizza, questi pallini devono presentare delle qualità ben definite e standardizzate. Innanzitutto devono essere delle sfere perfette e di dimensioni costanti, caratteristiche di cui si vantano anche i produttori, in quanto chi pratica questo sport ricerca degli strumenti che possano aumentare la competitività. La Kalashnikov, azienda produttrice dei pallini impiegati per i test, assicura un diametro di 5,95 mm con tolleranza di 0,01 mm e un peso di 0,25 grammi l'uno.

Grazie a queste caratteristiche i pallini da Softair sono sfruttati per capire le potenzialità della macchina. La perfezione della forma permette alle sfere di aderire in maniera ottimale al diametro del foro del disco distributore. Questo e grazie alla costanza del peso e delle dimensioni ci assicurano uniformità nei risultati.

- **Barbabietola da zucchero**

La barbabietola nonostante non sia molto diffusa in Italia e sia tuttora in contrazione, è stata scelta in quanto necessita di un'elevata precisione di semina ed è comunque molto diffusa a livello mondiale. Il seme testato si presenta nella forma confettata, con dimensioni molto ridotte e quindi ottimali per testare dischi con fori di basso calibro. La confettatura conferisce ai semi una forma sferica regolare, con dimensioni molto uniformi. La confettatura viene, infatti, eseguita proprio per facilitare l'operazione di semina dato che i semi sarebbero molto piccoli, grinzosi e di forma irregolare.

I semi di barbabietola impiegati nelle prove appartengono alla varietà MARINELLA della KWS, società sementiera tedesca, con confettatura di colore arancio; il peso medio di 1000 semi è di 27 grammi.

- **Mais**

Il mais è una delle colture più importanti nella Pianura Padana e diffuso al mondo per cui si ricorre alla semina di precisione. Forma e peso delle cariossidi sono molto variabili a seconda dell'ibrido. Per questi motivi per il mais sono stati impiegati i semi di due ibridi con caratteristiche differenti:

- PIONEER PR36B08

Ibrido commerciale della PIONEER, ditta sementiera statunitense del gruppo DuPont, che in questo caso rappresenta il mais con le cariossidi più grandi e pesanti. Questo ibrido presenta semi di forma allungata e un peso di mille semi di 323 grammi.

- SYNGENTA NK FAMOSO

Questo ibrido è utilizzato in queste prove come “mais piccolo” per le cariossidi più piccole e leggere rispetto al precedente. Ibrido commerciale della Syngenta, multinazionale svizzera che produce sementi e prodotti chimici per l'agricoltura, con cariossidi con un peso medio di 252 grammi per mille semi.

I test sono stati effettuati utilizzando due dischi di semina per ogni ibrido: un disco con fori dello stesso diametro per i due ibridi, mentre il secondo disco ha diametro dei fori diversi a seconda dell'ibrido testato per ottenere risultati significativi visto che le due sementi sono diverse.

- **Soia**

Questa coltura è molto coltivata nella Pianura Padana e la superficie a essa destinata è costantemente in aumento negli anni. Le varietà di soia presentano semi di forma, peso e dimensione molto simili tra di loro.

Anche per la soia sono state utilizzate due varietà per eseguire i test:

- ASGROW HIROKO

Varietà della Asgrow, brand della Monsanto e marchio commercializzato in Italia dalla Sipcam, con semi più piccoli rispetto all'altra varietà e di colore giallo chiaro-panna. Hanno caratteristiche dimensionali e di forma tipiche della soia, con un peso medio per 1000 semi pari a 174 grammi.

– PIONEER PR92M35

Soia della ditta PIONEER, che inizialmente era stata scartata come materiale per i test perché presenta una concia che conferisce ai semi una colorazione blu scura intensa che rende impossibile vederla lungo il tubo adduttore se filmata con la telecamera. Successivamente è stata comunque utilizzata anche per valutare se le fotocellule erano in grado di rilevare il passaggio dei semi. È stata inoltre utilizzata per verificare la performance di semina nei test con diversi tipi e posizioni di selettore e con diversi livelli di depressione. Questa varietà di soia presenta semi di dimensioni maggiori rispetto a Hiroko e forma meno sferica ma più allungata; il peso medio di 1000 semi è infatti di 166 grammi.

- **Girasole**

I semi di girasole impiegati nelle prove appartengono all'ibrido F1 SOLARIS della SIS, Società Italiana Sementi. I "semi" di girasole, in realtà acheni, hanno una forma molto lontana da una sfera, sono infatti di forma allungata e appuntita e hanno un peso molto ridotto. Il girasole è stato utilizzato proprio per la difficoltà che la forma allungata degli acheni introduce nella semina di precisione oltre che per la sua importanza nel Centro Italia.

I test con girasole hanno riguardato in particolare la definizione della posizione del selettore e i test a diversi livelli di depressione.



Fig. 3.5 Pallini da Softair e semi delle colture impiegati nei test.

3.4.2 Velocità del disco

La velocità del disco dipende dalla distanza di semina sull'intrafila e dalla velocità di avanzamento del complesso trattore-seminatrice durante lo svolgimento dell'operazione. A parità di distanza di deposizione dei semi sulla fila è ovvio che all'aumentare della velocità di semina è necessario che anche la rotazione del disco di semina aumenti.

Per simulare diverse situazioni di semina si è deciso di considerare 4 velocità di avanzamento corrispondenti a 4, 8, 12 e 16 km/h. I 4 Km/h sono una velocità molto bassa che generalmente non viene quasi mai praticata, come 16 km/h è molto elevata. Queste due velocità sono state prese in esame per testare le potenzialità e i limiti dell'attrezzo in condizioni estreme e per valutare proprio quanto la velocità influisca sui risultati.

La velocità a cui deve ruotare il disco dipende essenzialmente dalla coltura, in altre parole dal numero di fori del disco e dalla distanza di deposizione dei semi.

Per ogni coltura sono state fissate delle distanze dell'intrafila e mantenute sempre costanti durante i test:

- 18 e 5 cm per i pallini;
- 14 cm per la barbabietola;
- 18 cm per il mais;
- 5 cm per la soia;
- 18 cm per il girasole.

Per i pallini sono state considerate due distanze di semina perché testati con due dischi con un numero di fori diverso, per simulare sia le condizioni del mais sia quelle della soia.

A questo punto in base alla distanza sulla fila, velocità di avanzamento e numero di fori del disco scelto è possibile calcolare, tramite un semplice file di conversione che tiene conto del diametro del disco e dei rapporti di trasmissione della catena cinematica, la velocità di rotazione del disco espressa in giri al minuto (rpm) e quindi la velocità del motore che permette l'azionamento meccanico o elettrico del sistema di distribuzione.

Di seguito si riportano le velocità di rotazione del disco di semina a seconda della velocità di avanzamento e del numero di fori (Tab. 3.1).

NUMERO FORI	VELOCITÀ AVANZAMENTO			
	4 km/h	8 km/h	12 km/h	16 km/h
24	15,4	30,9	46,3	61,7
36	13,2	26,5	39,7	52,9
72	18,5	37,0	55,6	74,2

Tab. 3.1 Velocità di rotazione dei dischi espressa in rpm.

3.4.3 Numero di fori del disco

Il numero di fori del disco variano a seconda della coltura, e in particolare della distanza sulla fila desiderata. Infatti, dischi con un basso numero di fori sono utilizzati per distanze sulla fila più elevate in quanto al diminuire dell'intrafila la velocità del disco deve aumentare notevolmente. Questo comporta ovviamente una maggior probabilità che si manifestino fallanze o doppie. Per colture con semina fitta è necessario operare con dischi con un numero elevato di fori.

Per le prove sono stati utilizzati dischi da 24, 36 e 72 fori a seconda della distanza sulla fila.

In Tab. 3.2 sono riportati i dischi utilizzati a seconda della coltura e della distanza intrafila.

TIPO DI SEME	INTRAFILA		
	5 cm	14 cm	18 cm
Pallini	72		
Barbabietola		36	
Mais			24
Soia	72		
Girasole			24

Tab. 3.2 Numero di fori dei dischi impiegati.

3.4.4 Diametro dei fori del disco

La scelta del diametro dei fori è una delle variabili più importanti che più interessa l'operatore durante la preparazione e messa a punto della macchina. Generalmente la misura dei fori varia di mezzo o un millimetro; anche se di ordine così ridotto questa variazione influisce molto sulla forza con cui viene trattenuto il seme sul disco. Per valutare le performance dell'elemento di semina sono stati utilizzati per ogni coltura due

misure di diametro del foro, e comunque le più idonee a seconda delle caratteristiche dei semi.

I pallini sono stati testati con tutti i diametri possibili ad eccezione dei dischi da 2,5 mm di diametro perché non in grado di esercitare una forza di suzione sulle sfere tale da garantire risultati soddisfacenti. Tutti gli altri dischi sono stati sperimentati per ottenere dei risultati in condizioni ottimali (materiale di forma e diametro ideale) da confrontare con il comportamento in situazioni reali di semina.

Nella tabella che segue sono riportati il diametro dei fori impiegati nei test a seconda della coltura (Tab.3.3).

TIPO DI SEME	NUMERO DI FORI		
	24	36	72
Pallini	3,5 – 4,5 – 5,5		3,5 – 4,5 – 5,5
Barbabietola		2,5 – 3,5	
Mais FAMOSO	3,5 – 4,5		
Mais PR36B08	4,5 – 5,5		
Soia HIROKO			4,5 – 5,5
Soia PR92M35			4,5
Girasole	2,5		

Tab. 3.3 Diametro in mm dei fori dei dischi utilizzati.

3.4.5 Posizione del ferretto

Il copridisco, che si incastra con il fondo della tramoggia dell'elemento di semina, forma un canale che termina con una curvatura che convoglia i semi verso il disco. In questo punto è stato inserito un foglietto di nylon che facilita il deflusso dei semi nella parte più bassa del copridisco. I semi sono quindi direttamente a contatto con la parte del disco dotata dei fori e si impedisce che la camera si riempi di semi. Il foglietto di nylon, flessibile, è mantenuto in posizione grazie ad un ferretto collegato al lato interno del copridisco attraverso una vite a galletto che ne permette una facile regolazione. Il ferretto può essere spostato sul piano verticale in modo da modificare l'ampiezza dell'area su cui agisce il nylon, mantenendone tesa solamente una parte. Per facilitare la regolazione, sul supporto in cui è inserito il ferretto è incisa una scala con i valori che vanno da 1 a 4 (Fig. 3.6). All'aumentare del valore aumenta l'azione del ferretto sul film plastico.

Durante le prove sono state testate tre posizioni: 1, 2,5 e 4. Nella prima posizione il ferretto è quasi completamente ritratto e agisce molto poco sul film lasciando quindi i semi defluire liberamente dalla tramoggia verso il disco. Nell'ultima posizione invece il ferretto è completamente abbassato e lascia un piccolo passaggio per i semi. In questo modo solamente pochi semi sono a contatto con il disco di semina.

La posizione 4 del ferretto è ideale per i semi di piccolo calibro perché così la camera in cui sono presenti i semi non si riempie e viene mantenuto un flusso regolare. Con i semi grossi e dalla forma poco scorrevole, come il mais, questa posizione crea grossi problemi al normale flusso dei semi verso il disco. Questo è causato dall'elevato attrito che incontrano i semi, fino a provocare il blocco del flusso impedendo il normale funzionamento della seminatrice.



Fig. 3.6 Copridisco con ferretto e film di nylon, a destra particolare del sistema di regolazione della posizione del ferretto.

3.4.6 Prima serie di test

La prima serie di test è stata condotta in un piano fattoriale completo che ha preso in considerazione:

- quattro tipi di semi (Barbabietola, Mais NK FAMOSO, Mais PR36B08, Soia HIROKO) più i pallini da Softair;
- quattro diverse velocità del disco di semina (4, 8, 12 e 16 km/h);
- un totale di 14 diversi dischi con diametro e numero dei fori come descritto nel paragrafo 3.4.4;
- tre diverse posizioni del ferretto (1, 2,5 e 4);
- due sistemi di trasmissione (meccanica ed elettrica);

– tre ripetizioni per ogni test.

Durante questa serie di test il livello di depressione è stato mantenuto costante a 40 mbar come proposto dalla MaterMacc, mentre la posizione del selettore è stata scelta per ogni coltura e mantenuta costante quella migliore che forniva i migliori risultati.

In totale la prima serie di analisi ha visto l'esecuzione di 1008 test.

3.4.7 Tipo di selettore

I selettori utilizzati nei test presentano una forma ad arco che segue i fori del disco. Nella parte inferiore della lama è presente una dentatura che rimane a contatto con i semi durante la rotazione del disco, permettendo di eliminare eventuali semi doppi e posizionare meglio i semi nel foro. Le prove sono state eseguite utilizzando due modelli di selettore. Inizialmente la MaterMacc ha fornito il nuovo modello di selettore, SELETTORE 1, che presenta un numero più elevato di denti, successivamente ha fatto testare anche il modello che montava precedentemente sulle seminatrici, SELETTORE 2, con una dentatura meno fitta per osservare se l'azione del nuovo selettore è migliore (Fig. 3.7). Il selettore 2 è stato testato solamente su alcune colture.



Fig. 3.7 Selettore 1 a sinistra e selettore 2 a destra.

3.4.8 Posizione del selettore

Per valutare l'influenza del selettore sono state testate diverse posizioni del selettore, sia per quanto riguarda il selettore 1 sia il selettore 2. La posizione del selettore è stata cambiata sempre a posizione intera, non considerando le posizioni intermedie, le quali in alcuni casi sarebbero state più opportune per una migliore

performance di semina. Nella Tab. 3.4 sono riportate le posizioni impiegate a seconda della coltura e del tipo di selettore.

Le posizioni sono state scelte considerando le posizioni più vicine a quella adatta per ogni coltura.

TIPO DI SEME	POSIZIONE DEL SELETTORE	
	Selettore 1	Selettore 2
Pallini	3; 4; 5; 6; 7	
Barbabietola	4; 5; 6; 7	
Mais FAMOSO	4; 5; 6; 7	4; 5; 6; 7
Mais PR36B08	4; 5; 6; 7	4; 5; 6; 7
Soia HIROKO	2; 3; 4; 5	2; 3; 4; 5
Soia PR92M35	2; 3; 4; 5	
Girasole	3; 4; 5; 6	3; 4; 5; 6

Tab. 3.4 Posizioni utilizzate per i due selettori.

3.4.9 Seconda serie di test

La seconda serie di test è stata condotta prendendo in considerazione:

- sei tipi di semi (Barbabietola, Mais NK FAMOSO, Mais PR36B08, Soia HIROKO, Soia PR92M35, Girasole) più i pallini da Softair testati su un totale di 8 dischi di semina;
- quattro diverse velocità del disco di semina (4, 8, 12 e 16 km/h);
- quattro diverse posizioni del selettore (da 2 a 7 a seconda del tipo di seme e del numero di fori del disco);
- due diversi tipi di selettore (il secondo testato limitatamente ai semi di Girasole, Mais NK FAMOSO, Mais PR36B08, Soia HIROKO);
- tre ripetizioni per ogni test.

Durante questa serie di test il livello di depressione è stato mantenuto costante a 40 mbar come indicato dalla MaterMacc.

In totale la seconda serie di analisi ha visto l'esecuzione di 576 test.

3.4.10 Livello di depressione

Utilizzare un livello di depressione costante e ottimale per ogni tipo di coltura è fondamentale per ottenere una semina di qualità. Questo parametro va ad influire direttamente sul verificarsi di doppie ma soprattutto fallanze dovute al sistema distributore.

Per valutare il funzionamento della seminatrice si è deciso di considerare 4 diversi livelli di depressione, corrispondenti a: 30, 40, 60 e 80 mbar.

3.4.11 Terza serie di test

La terza serie di test è stata condotta prendendo in considerazione:

- sei tipi di semi (Barbabietola, Mais NK FAMOSO, Mais PR36B08, Soia HIROKO, Soia PR92M35, Girasole) più i pallini da Softair testati su un totale di 8 dischi di semina;
- quattro diverse velocità del disco di semina (4, 8, 12 e 16 km/h);
- quattro diversi livelli di depressione in prossimità del disco (30, 40, 60 e 80 mbar);
- tre ripetizioni per ogni test.

Questa serie di test è stata condotta utilizzando la posizione del selettore migliore per ogni coltura.

In totale la terza serie di analisi ha visto l'esecuzione di 384 test.

3.5 Risultati prima serie di test

Tutti i dati raccolti sono stati processati al fine di valutare il numero di doppie e fallanze e la variabilità nei tempi di passaggio.

SEME	DIAMETRO FORI [mm]	N° FORI	DISTANZA DI SEMINA SIMULATA [cm]	VELOCITÀ DI SEMINA [km/h]	POSIZIONE FERRETTO	RIPETIZIONI
Pallini	3,5; 4,5; 5,5	24; 72	5; 18	4; 8; 12; 16	1; 2,5; 4	3
Barbabietola	2,5; 3,5	36	14			
Mais FAMOSO	3,5; 4,5	24	18			
Mais PR36B08	4,5; 5,5	24	18			
Soia HIROKO	4,5; 5,5	72	5			

Tab. 3.5 Piano della prima serie di prove.

Le doppie deposizioni sono state considerate come passaggi con intervalli di tempo tra semi successivi < 50% del tempo medio atteso.

Le fallanze sono state considerate come passaggi con intervalli di tempo tra semi successivi $> 150\%$ del tempo medio atteso.

Per la variabilità sui tempi di passaggio è stato calcolato il $\sigma(t)/\Delta t$, cioè la deviazione standard sul tempo di passaggio di semi successivi diviso il tempo medio di passaggio dei semi stessi nel tubo adduttore.

Il piano delle prove effettuate nella prima serie di test sono riportate nella Tab. 3.5.

Nei paragrafi che seguono sono riportati in modo riassuntivo i risultati principali dei test condotti.

3.5.1 Influenza del diametro dei fori

Il diametro dei fori ha un ruolo importante nella performance di semina, in quanto, a parità di depressione, determina la forza di aspirazione del seme verso il disco. Fori troppo piccoli causano forze troppo basse di adesione al disco; viceversa fori troppo grandi possono causare un passaggio del seme e la sua conseguente perdita.

Nel caso delle prove con pallini in plastica, per quanto riguarda le fallanze si nota una differenza di performance sia per quanto riguarda il numero di fori che per quanto riguarda il diametro. In particolare è rilevante l'influenza del diametro che causa nel caso peggiore addirittura oltre il 50% di fallanze (Fig. 3.8).

Nel caso migliore le fallanze scendono a 3,97% per il 24 fori e circa il 7,12% per il caso a 72 fori.

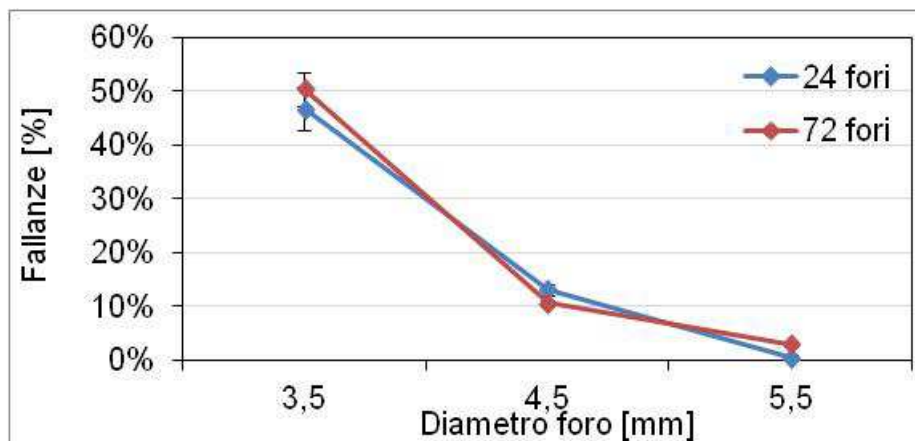


Fig. 3.8 Influenza del diametro del foro sul numero di fallanze, nel caso di semina di pallini. I dati sono aggregati per i diversi casi di velocità, di posizioni del ferretto e di azionamento.

Per quanto riguarda la variabilità sui tempi di passaggio $\sigma(t)/\Delta t$, si vede un andamento del tutto analogo a quello delle fallanze, con un miglioramento di variabilità per fori di diametro 4,5 mm e 5,5 mm (Fig. 3.9).

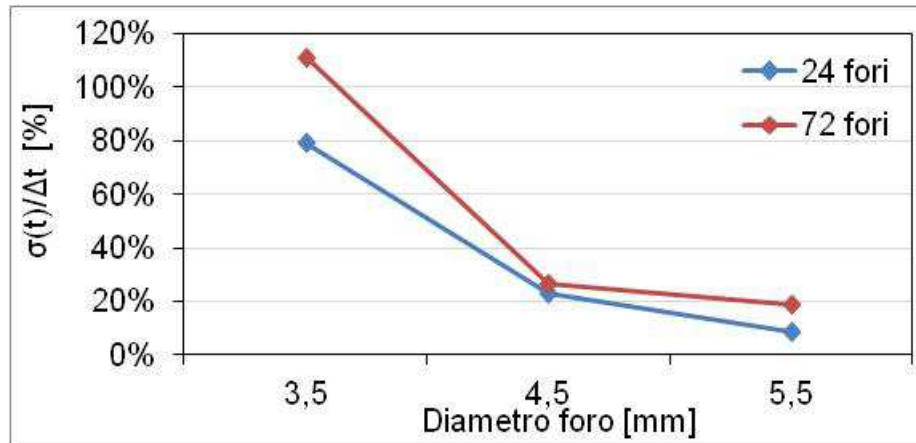


Fig. 3.9 Influenza del diametro del foro sulla variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$, nel caso di semina di pallini. I dati sono aggregati per i diversi casi di velocità, di posizioni del ferretto e di azionamento.

La differenza rimane anche per quanto riguarda il numero di doppie, in cui si vede una differenza marcata soprattutto nel disco a 72 fori (Fig. 3.10). I bassi valori che si riscontrano per bassi diametri sono dovuti all'effetto della riduzione della forza di adesione già citata in precedenza.

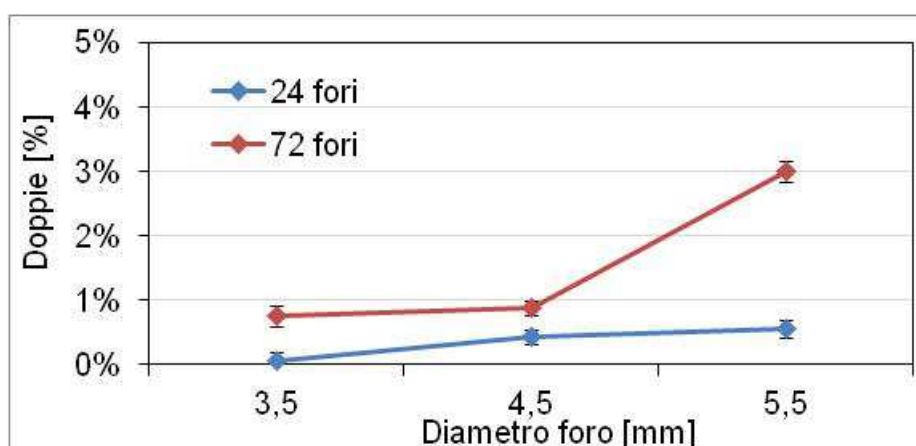


Fig. 3.10 Influenza del diametro del foro sul numero di doppie, nel caso di semina di pallini. I dati sono aggregati per i diversi casi di velocità, di posizioni del ferretto e di azionamento.

Per quanto riguarda gli altri semi (Soia, Barbabietola e Mais), si vede un effetto evidente del diametro dei fori, in particolare per i semi di forma irregolare. Per quanto riguarda le fallanze e le doppie (Fig.3.11 e Fig. 3.12), le performance migliori si hanno avute in particolare:

- per la Barbabietola con il diametro 3,5 mm;
- per il Mais FAMOS con il diametro 4,5 mm;
- per il Mais PR36B08 con il diametro 5,5 mm;
- per la Soia HIROKO con il diametro 4,5 mm.

Questi valori di diametro dei fori sono stati selezionati per analizzare l'effetto dei vari parametri (posizione del ferretto, tipo di azionamento, velocità di semina e tubo adduttore) sulla performance di semina.

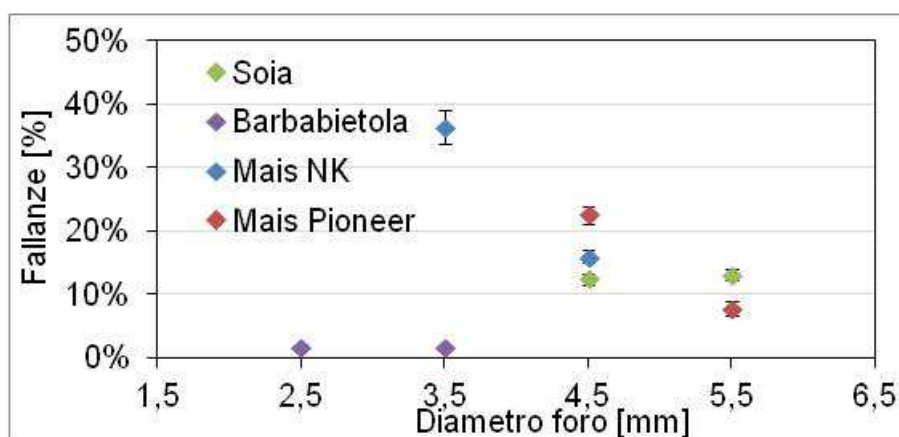


Fig. 3.11 Influenza del diametro del foro sul numero di fallanze. I dati sono aggregati per i diversi casi di velocità, di posizioni del ferretto e di azionamento.



Fig. 3.12 Influenza del diametro del foro sul numero di doppie. I dati sono aggregati per i diversi casi di velocità, di posizioni del ferretto e di azionamento.

3.5.2 Influenza della velocità

La velocità di semina è uno dei parametri che maggiormente influenzano la performance di semina. Nell'ambito dei test condotti sono state fissate 4 velocità di semina di riferimento: 4, 8, 12 e 16 km/h, ricondotte poi in giri del disco al minuto, utilizzando le distanze di semina riportate in Tab. 3.5.

L'elemento di semina dimostra di avere una buona performance di funzionamento per velocità inferiori o uguali ai 12 km/h, con un'incidenza di fallanze inferiore al 8% e di doppie inferiori al 4% (Fig. 3.13). Per quanto riguarda la variabilità sui tempi di passaggio $\sigma(t)/\Delta t$, si vede un andamento simile a quello delle fallanze, con una variabilità ridotta fino ai 12 km/h (Fig. 3.14).

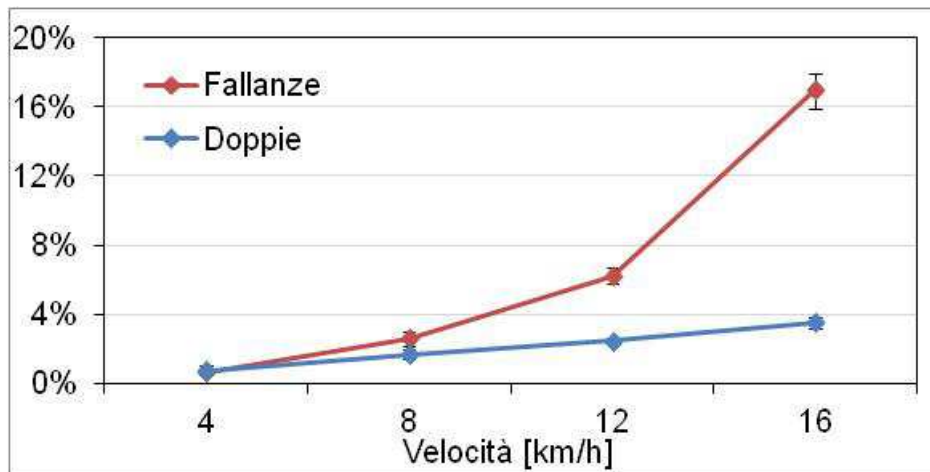


Fig. 3.13 Influenza della velocità di semina sul numero di fallanze e doppie, con dati aggregati per i diversi casi di semi, di posizioni del ferretto e di azionamento.

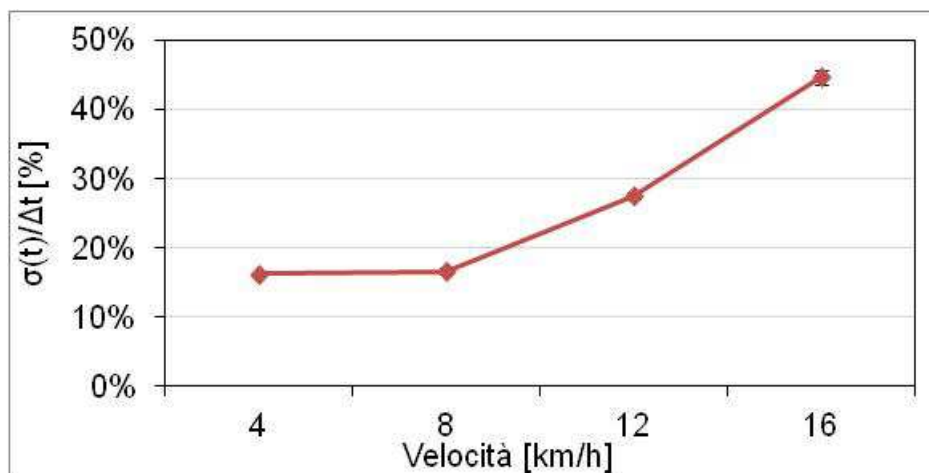


Fig. 3.14 Influenza della velocità sulla variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$. I dati sono aggregati per i diversi casi di semi, di posizioni del ferretto e di azionamento.

3.5.3 Influenza della posizione del ferretto

Il ferretto deflettore in uscita dal disco di semina non sembra avere un effetto rilevante sulla performance di semina. Analizzando i dati in modo aggregato non si vede infatti nessuna influenza, né sul numero di fallanze né sul numero di doppie (Fig. 3.15).

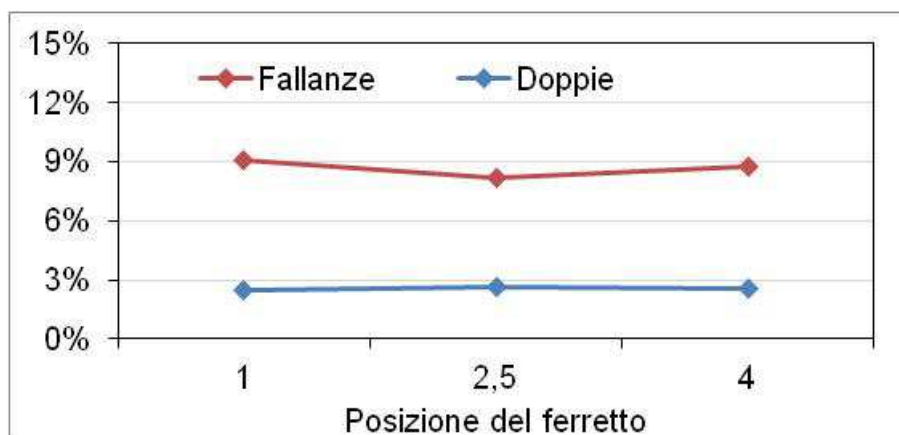


Fig. 3.15 Influenza della posizione del ferretto sul numero di fallanze e doppie, con dati aggregati per le diverse velocità e i diversi tipi di seme e di azionamento.

Al fine di isolare l'eventuale correlazione tra posizione del ferretto e velocità di semina o tipo di seme, è stato studiato il numero di fallanze filtrando i dati in modo differenziato.

In Fig. 3.16 sono riportati i dati normalizzati del numero di fallanze su posizione del ferretto e velocità di semina. Si nota in generale una differenza marginale per i diversi settaggi dell'elemento di semina, con un aumento delle fallanze in corrispondenza delle posizioni 1 e 4 del ferretto.

Studiando invece la variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$, si nota come questa tenda a peggiorare nel caso di ferretto in posizione 4 per tutte le velocità di semina, mentre si stabilizza nelle posizioni 1 e 2,5 (Fig. 3.17).

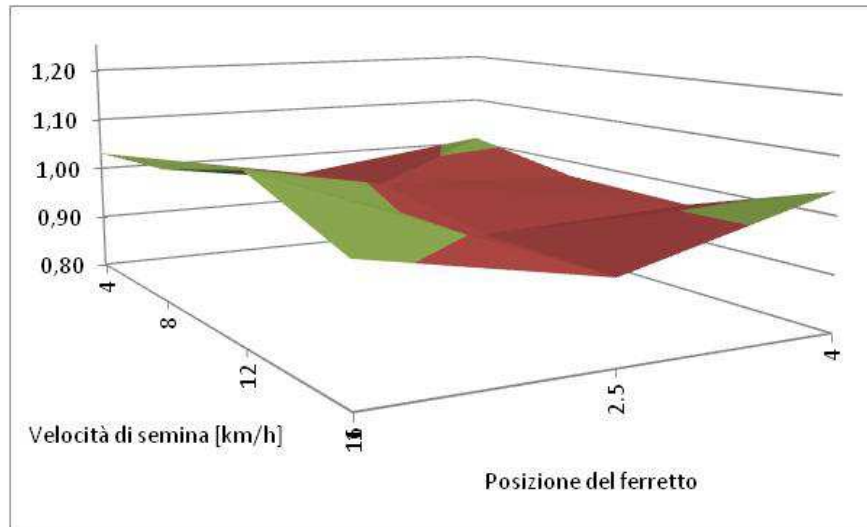


Fig. 3.16 Influenza relativa della posizione del ferretto sul numero di fallanze, con dati aggregati per i diversi tipi di seme e di azionamento e differenziati per le diverse velocità.

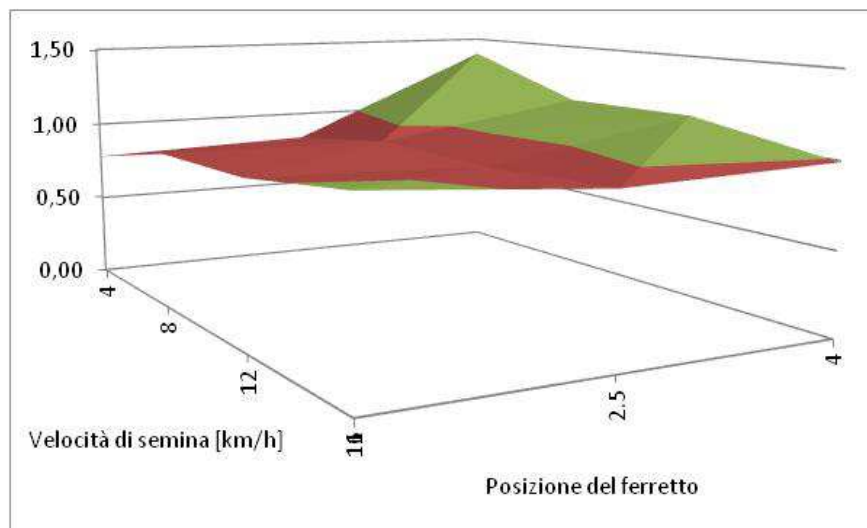


Fig. 3.17 Influenza relativa della posizione del ferretto sulla variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$, con dati aggregati per i diversi tipi di seme e di azionamento e differenziati per le diverse velocità.

Differenziando i dati per tipo di seme, si nota come barbabetola soia e pallini siano sostanzialmente non influenzati dalla posizione del ferretto, mentre i due formati di mais vedono un peggioramento della performance quando il ferretto è in posizione 4 (Fig. 3.18).

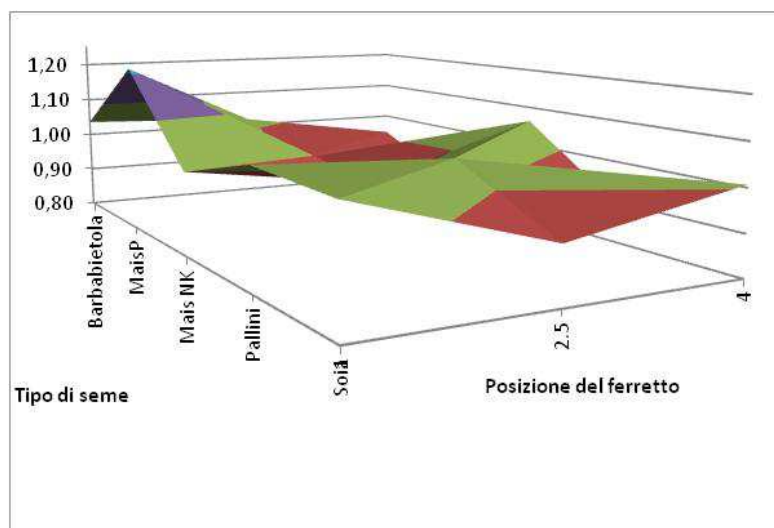


Fig. 3.18 Influenza relativa della posizione del ferretto sul numero di fallanze, con dati aggregati per i diversi tipi di azionamento e per le diverse velocità.

Lo stesso comportamento è evidenziato in Fig. 3.19 dalla variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$, dove, nel caso del mais, è evidente peraltro un netto miglioramento nel caso di ferretto in posizione 1.

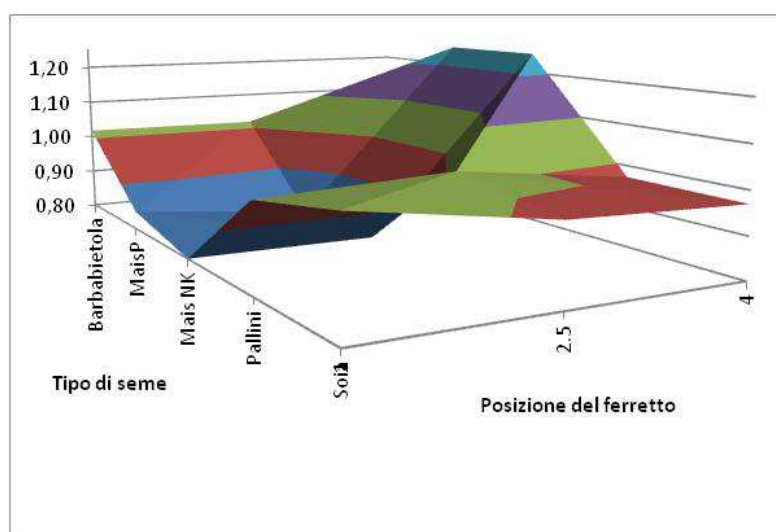


Fig. 3.19 Influenza relativa della posizione del ferretto sulla variabilità dei tempi $\sigma(t)/\Delta t$, con dati aggregati per i diversi tipi di azionamento e per le diverse velocità.

3.5.4 Influenza del tipo di seme

In questa sezione le analisi sono differenziate per i diversi tipi di seme, al fine di poter meglio caratterizzare la performance dell'elemento di semina nei diversi casi.

I dati sono riportati in tabelle, in cui sono evidenziati in arancione i valori anomali, e in rosso i valori di performance peggiori.

Nelle tabelle è riportato anche il valore medio di percentuale di investimento. Tale valore è calcolato come intervallo medio tra i semi diviso per l'intervallo teorico tra i semi (vedi eq. 1). Tale valore può deviare dal risultato del calcolo dato dalla differenza con doppie e fallanze (vedi eq. 2) nel caso di funzionamento anomalo delle fotocellule, o per approssimazioni decimali.

$$\% \text{ investimento} = \frac{\Delta t_{\text{effettivo}}}{\Delta t_{\text{teorico}}} \quad (1)$$

$$\% \text{ investimento} = 100\% - \% \text{ fallanze} + \% \text{ doppie} \quad (2)$$

- **Pallini con disco da 24 fori**

Le fotocellule presenti nel tubo adduttore sembrano avere un comportamento anomalo nel caso del passaggio di pallini. In particolare le fotocellule poste all'ingresso e al centro del tubo adduttore non riconoscono in modo corretto una percentuale significativa dei pallini utilizzati nelle simulazioni di semina. La fotocellula all'uscita del tubo adduttore invece ha un funzionamento da ritenersi abbastanza regolare. Risulta in ogni caso necessario un'analisi sulle performance delle fotocellule installate all'interno del tubo adduttore.

Con i dati raccolti si nota come nel caso di pallini in plastica di forma idealmente sferica la performance dell'elemento di semina sia molto buona, con percentuali di doppie e fallanze in generale inferiori a 1% (Tab. 3.6). Le percentuali di investimento sono tutte prossime al 100%, con una flessione solo in prossimità della velocità di semina più alta. Visti i bassi valori di fallanze a tale velocità, il dato sulla percentuale di investimento a 16 km/h potrebbe essere affetto da un malfunzionamento della fotocellula.

PALLINI DA 24 FORI						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	15,4	1	0,10%	0,25%	6,94%	100,35%
		2,5	0,05%	0,31%	6,81%	100,51%
		4	0,25%	0,30%	7,68%	100,31%
8	30,9	1	0,26%	0,33%	8,06%	100,23%
		2,5	0,21%	0,43%	9,08%	100,30%
		4	0,33%	0,42%	9,29%	100,21%
12	46,3	1	0,76%	0,81%	12,47%	99,32%
		2,5	0,95%	0,87%	13,57%	99,35%
		4	0,87%	0,72%	12,70%	99,27%
16	61,7	1	1,45%	0,57%	15,66%	93,93%
		2,5	1,34%	0,54%	15,49%	94,03%
		4	1,20%	0,38%	15,37%	93,92%

Tab. 3.6 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con pallini in plastica, con disco da 24 fori (diametro 5,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

- **Pallini con disco da 72 fori**

Come nel caso precedente le fotocellule presenti nel tubo adduttore sembrano avere un comportamento anomalo nel caso del passaggio di pallini, per cui valgono le stesse osservazioni fatte per i pallini con disco a 24 fori.

Con i dati raccolti si nota come la performance dell'elemento di semina sia ancora molto buona nonostante l'elevata frequenza di semi, con percentuali di doppie e fallanze in generale inferiori a 1% a 4 km/h e inferiori a 2,5% a 8 km/h (Tab. 3.7). La performance peggiora a 12 km/h con valori superiori al 4% e decade in modo evidente a 16 km/h con valori superiori al 14%.

La posizione del ferretto nel caso di pallini non sembra avere un'influenza evidente sulla performance di semina.

PALLINI DA 72 FORI						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	18,5	1	0,15%	0,29%	12,68%	100,36%
		2,5	0,19%	0,33%	12,36%	100,35%
		4	0,23%	0,28%	12,46%	100,29%
8	37,0	1	2,45%	2,73%	25,19%	100,29%
		2,5	1,95%	2,42%	23,83%	100,36%
		4	1,84%	2,07%	23,25%	100,22%
12	55,6	1	5,27%	5,01%	31,08%	99,13%
		2,5	4,68%	4,67%	30,42%	99,36%
		4	4,75%	4,32%	30,17%	99,10%
16	74,2	1	14,65%	6,93%	41,82%	93,50%
		2,5	14,57%	7,03%	43,05%	94,12%
		4	15,59%	6,89%	43,85%	92,54%

Tab. 3.7 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con pallini in plastica, con disco da 72 fori (diametro 5,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

- **Barbabetola**

Anche nel caso della barbabetola sono state riscontrate anomalie di funzionamento della fotocellula in posizione mediana, per cui valgono le considerazioni fatte nei punti precedenti.

L'elemento di semina ha dimostrato una buona performance di semina sia in termini di fallanze sia di doppie. In particolare fino a 12 km/h la percentuale di fallanze è stata inferiore a 1,5% e di doppie inferiore a 0,5%. Anche a 16 km/h la performance è stata molto buona con percentuale di fallanze inferiore a 2,5% e percentuale di doppie intorno all'1% (Tab. 3.8).

Per la barbabetola non vi è un effetto evidente della posizione del ferretto.

BARBABIETOLA						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	13,2	1	0,63%	0,14%	10,79%	99,39%
		2,5	0,67%	0,26%	11,06%	99,48%
		4	0,55%	0,15%	9,98%	99,56%
8	26,5	1	1,05%	0,19%	14,19%	99,20%
		2,5	0,96%	0,16%	13,82%	99,19%
		4	0,76%	0,13%	13,15%	99,41%
12	39,7	1	1,50%	0,50%	18,17%	92,51%
		2,5	1,49%	0,50%	17,92%	92,70%
		4	1,42%	0,40%	17,65%	92,70%
16	52,9	1	2,34%	1,03%	20,16%	86,68%
		2,5	2,30%	1,01%	20,10%	86,56%
		4	2,24%	1,00%	19,87%	87,07%

Tab. 3.8 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con Barbabietola, con disco da 36 fori (diametro 3,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

• Mais FAMOSO

Diversamente dal Mais PR36B08, le analisi su Mais di calibro inferiore (Mais FAMOSO, con peso medio di 1000 semi 252 g) hanno dato una performance di semina buona fino a 8 km/h, con percentuale di fallanze inferiori al 3%, e a 12 km/h in particolare per la posizione 2 del ferretto, con una percentuale di fallanze inferiore al 3% (Tab. 3.9). La performance decade a 12 km/h, con un'incidenza di fallanze superiore al 10%, ed è decisamente poco performante a 16 km/h, con un'incidenza di fallanze superiore al 30%. Molto buona invece la percentuale di doppie, sempre inferiore al 2% (anche se ad alte velocità questo dato risulta essere poco significativo vista l'elevata percentuale di fallanze).

Per questo tipo di mais, la posizione del ferretto sembra avere una certa influenza, con una performance migliore riscontrata in posizione 2,5.

MAIS FAMOSO						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	15,4	1	0,51%	0,75%	11,91%	100,43%
		2,5	0,79%	0,80%	13,24%	100,18%
		4	1,53%	0,68%	50,65%	95,87%
8	30,9	1	2,31%	0,57%	19,16%	98,34%
		2,5	2,48%	0,48%	19,17%	98,06%
		4	2,97%	0,59%	21,04%	97,57%
12	46,3	1	10,61%	0,48%	34,67%	89,94%
		2,5	9,76%	0,68%	34,50%	90,66%
		4	12,63%	0,68%	49,79%	86,64%
16	61,7	1	38,04%	1,54%	65,90%	61,52%
		2,5	33,71%	1,75%	60,75%	67,05%
		4	36,69%	1,28%	62,00%	63,22%

Tab. 3.9 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con Mais FAMOSO, con disco da 24 fori (diametro 4,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

- **Mais PR36B08**

Le analisi su Mais di calibro superiore (Mais PR36B08, con peso medio di 1000 semi 326 g) hanno dato una performance di semina molto buona fino a 8 km/h, e buona a 12 km/h in particolare per la posizione 2 del ferretto, con una percentuale di fallanze inferiore al 3% (Tab. 3.10). La performance decade a 16 km/h, con un'incidenza di fallanze superiore al 16%. Molto buona invece la percentuale di doppie, sempre inferiore al 2%.

Per il Mais PR36B08, la posizione del ferretto sembra avere una certa (seppur bassa) influenza, con una performance migliore riscontrata in posizione 2,5.

MAIS PR36B08						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	15,4	1	0,12%	0,74%	10,07%	100,72%
		2,5	0,26%	0,78%	11,69%	100,65%
		4	0,15%	1,62%	14,58%	101,67%
8	30,9	1	1,12%	0,48%	14,42%	97,00%
		2,5	0,39%	0,48%	13,27%	100,27%
		4	0,58%	0,74%	14,38%	100,37%
12	46,3	1	4,25%	0,48%	23,99%	95,86%
		2,5	2,72%	0,68%	21,25%	97,12%
		4	3,23%	0,56%	24,31%	96,01%
16	61,7	1	21,06%	1,70%	48,27%	76,46%
		2,5	16,29%	1,31%	39,98%	79,41%
		4	20,53%	1,85%	45,20%	76,11%

Tab. 3.10 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con Mais PR36B08, con disco da 24 fori (diametro 5,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

- **Soia HIROKO**

Anche nel caso della soia sono state riscontrate anomalie di funzionamento della fotocellula in posizione mediana, per cui valgono le considerazioni fatte nei punti precedenti.

La performance nel caso di semina di soia è stata buona nel caso di bassa velocità di avanzamento (4 km/h) con fallanze sotto l'1% e doppie inferiori al 1,5%. A 8 km/h, nonostante la forma regolare dei semi, la performance in termini di incidenza di doppie tende a scendere, decadendo a 12 km/h e peggiorando ulteriormente a 16 km/h (Tab. 3.11).

Anche la percentuale di doppie tende a peggiorare ad alte velocità, evidenziando un funzionamento non ottimale dell'elemento di semina.

La posizione del ferretto non sembra influire in modo evidente nel numero di doppie e di fallanze.

SOIA HIROKO						
km/h	Velocità disco (rpm teorico)	Ferretto	Fallanze	Doppie	$\sigma(t)/\Delta t$	% Investimento
4	18,5	1	0,93%	1,40%	21,11%	100,63%
		2,5	0,95%	1,30%	21,29%	100,46%
		4	0,82%	0,87%	19,35%	99,19%
8	37,0	1	4,88%	3,30%	29,52%	99,21%
		2,5	4,19%	3,08%	28,30%	99,48%
		4	3,99%	3,01%	27,88%	99,71%
12	55,6	1	11,02%	3,99%	38,40%	92,85%
		2,5	8,83%	4,38%	35,31%	95,56%
		4	8,33%	4,35%	35,18%	95,72%
16	74,2	1	24,21%	5,28%	55,03%	78,70%
		2,5	21,33%	5,80%	48,56%	84,29%
		4	25,07%	5,61%	52,54%	80,52%

Tab. 3.11 Dati principali raccolti nel caso di funzionamento con Soia, con disco da 72 fori (diametro 4,5 mm), aggregati per tipo di azionamento (elettrico e meccanico) e mediati sulle tre ripetizioni.

3.5.5 Influenza del tipo di azionamento

Il tipo di azionamento sembra avere una certa influenza nella performance di semina, con un aumento medio del 2% circa per quanto riguarda le fallanze e dell'1% circa per quanto riguarda le doppie nel caso di azionamento di tipo meccanico (Fig. 3.20).

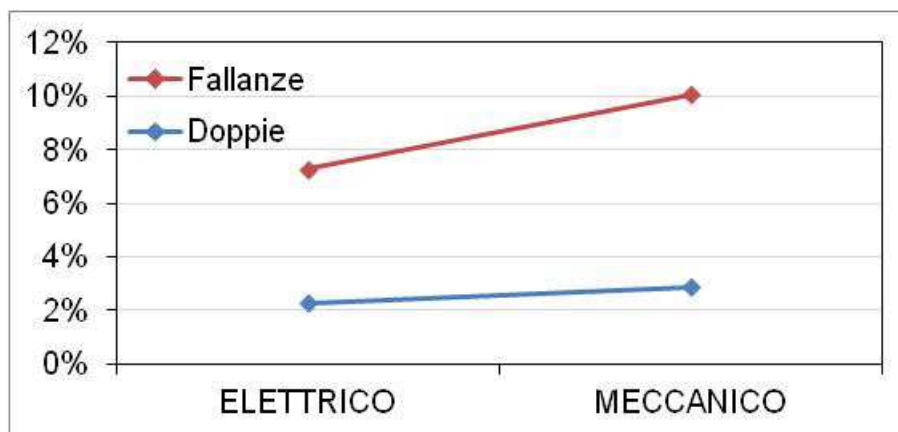


Fig. 3.20 Influenza della posizione del ferretto sul numero di fallanze e doppie, con dati aggregati per le diverse velocità, i diversi tipi di seme e le diverse posizione del ferretto.

Questo effetto è dovuto forse alla maggiore variabilità di velocità a cui è soggetto il disco di semina quando si passa dall'azionamento di tipo elettrico a quello di tipo meccanico. Va sottolineato tuttavia che questa variazione è molto bassa (si passa dai 0,48 rpm di deviazione media nel caso dell'azionamento elettrico ai 0,50 rpm nel caso di azionamento meccanico), e sarebbe necessaria un'ulteriore analisi per confermare questa ipotesi.

Analizzando l'effetto del tipo di azionamento per le diverse velocità si nota come a basse velocità sembra esserci un'omogeneità di performance di semina (sia intermini di doppie che di fallanze) nei due casi di azionamento, mentre per velocità superiori ai 4 km/h la performance sembra essere migliore nel caso di azionamento elettrico, in particolare per quanto riguarda le fallanze (Tab. 3.12).

	AZIONAMENTO	VELOCITÀ [KM/H]			
		4	8	12	16
FALLANZE	Elettrico	0,68%	2,04%	4,97%	14,61%
	Meccanico	0,55%	3,12%	7,53%	19,30%
DOPPIE	Elettrico	0,83%	1,29%	2,17%	3,50%
	Meccanico	0,69%	2,26%	3,01%	3,88%

Tab.3.12 Incidenza del sistema di azionamento sulla percentuale di doppie e fallanze, per le diverse velocità di semina.

3.5.6 Influenza del tubo adduttore

Con i dati raccolti si è provato a vedere l'effetto del tubo adduttore sulla performance di semina, andando a differenziare i risultati nelle tre posizioni di raccolta dati delle tre fotocellule.

Infatti, possibili rimbalzi del seme all'interno del tubo adduttore possono creare un aumento del numero di doppie e fallanze tra ingresso e uscita del tubo adduttore, per cui semi che all'ingresso risultano essere "regolari", possono diventare "irregolari" all'uscita. Un seme che presenta rimbalzi anomali col tubo adduttore genera quindi un'irregolarità di semina, che si traduce nella generazione di una doppia e di una fallanza. In generale quindi l'incremento percentuale di doppie e fallanze è parallelo. Tale comportamento è rispettato in modo abbastanza chiaro dai dati rilevati, come si vede dal grafico di Fig. 3.21 e in Tab. 3.13: l'incremento medio è pari a circa l'1%, con variazioni più evidenti nel caso della Soia.

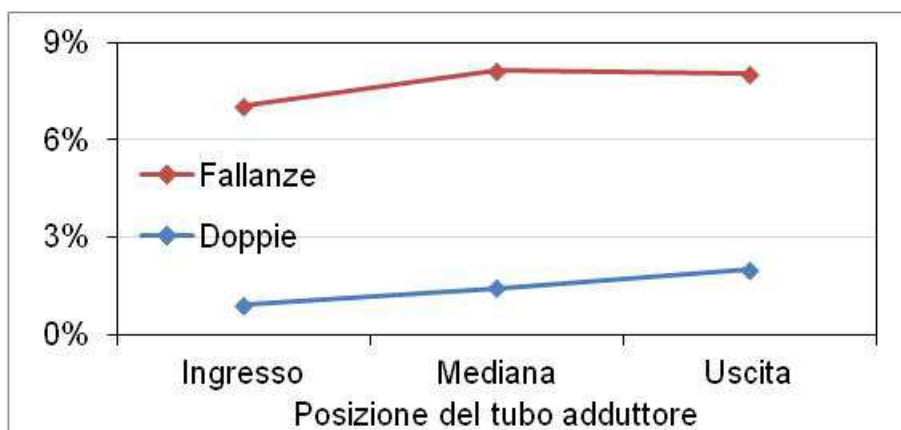


Fig. 3.21 Influenza del tubo adduttore sul numero di fallanze e doppie, con dati aggregati per le diverse velocità, i diversi tipi di seme e le diverse posizione del ferretto.

SEME	FALLANZE			DOPPIE		
	Ingresso	Mediana	Uscita	Ingresso	Mediana	Uscita
Barbabietola	0,41%	2,85%	1,53%	0,09%	0,43%	1,25%
Mais FAMOSO	15,72%	15,79%	15,73%	0,68%	0,91%	1,12%
Mais PR36B08	7,25%	7,40%	7,59%	0,69%	0,99%	1,14%
Soia HIROKO	4,90%	6,60%	7,25%	2,18%	3,43%	4,45%
Media	7,07%	8,16%	8,03%	0,91%	1,44%	1,99%

Tab. 3.13 Effetto del tubo adduttore su doppie e fallanze. I dati sono aggregati per le diverse velocità (nel caso della soia sono esclusi i dati relativi alla velocità più alta).

3.6 Risultati seconda serie di test

Il piano delle prove effettuate nella seconda serie di test sono riportate nelle tabelle che seguono divisi per tipo di selettore (Tab. 3.14 e Tab. 3.15).

SEME	DIAMETRO FORI [mm]	N° FORI	DISTANZA DI SEMINA SIMULATA [cm]	POSIZIONE DEL SELETORE	VELOCITÀ DI SEMINA [km/h]	RIPETIZIONI
Pallini	5,5	24; 72	5; 18	3; 4; 5; 6; 7	4; 8; 12; 16	3
Barbabietola	3,5	36	14	4; 5; 6; 7		
Mais FAMOSO	4,5; 5,5	24	18	4; 5; 6; 7		
Mais PR36B08	5,5	24	18	4; 5; 6; 7		
Soia HIROKO	4,5	72	5	2; 3; 4; 5		
Soia PR36B08	4,5	72	5	2; 3; 4; 5		
Girasole	2,5	24	18	3; 4; 5; 6		

Tab. 3.14 Piano della seconda serie di prove con selettore 1.

SEME	DIAMETRO FORI [mm]	N° FORI	DISTANZA DI SEMINA SIMULATA [cm]	POSIZIONE DEL SELETORE	VELOCITÀ DI SEMINA [km/h]	RIPETIZIONI
Mais FAMOSO	5,5	24	18	4; 5; 6; 7	4; 8; 12; 16	3
Mais PR36B08	5,5	24	18	4; 5; 6; 7		
Soia HIROKO	4,5	72	5	2; 3; 4; 5		
Girasole	2,5	24	18	3; 4; 5; 6		

Tab. 3.15 Piano della seconda serie di prove con selettore 2.

Nei paragrafi che seguono sono riportati in modo riassuntivo i risultati principali dei test condotti.

3.6.1 Influenza della posizione del selettore 1

In questo paragrafo sono riportati i dati, ottenuti testando diverse posizioni del selettore, differenziandoli per i diversi tipi di semi.

- **Pallini con disco da 24 fori**

I pallini grazie alla loro geometria regolare sono stati utilizzati per i test come metodo di paragone. In questo caso è stato utilizzato un disco da 24 fori con diametro da 5,5 mm, testando 4 diverse velocità e diverse posizioni del selettore 1. Lo stesso disco è stato utilizzato per i semi di mais per attuare un confronto e comprendere su quali variabili agire per diminuire fallanze e doppie. Dal grafico rappresentato in Fig. 3.22 possiamo dedurre che in termini di fallanze non presentano risultati negativi e restano in media al di sotto del 10% anche all'aumentare della velocità fino a 16 km/h dove dovrebbe presentarsi il numero maggiore di errori. La posizione ottimale del selettore 1 sia in termini di fallanze che di doppie è 7 (Fig. 3.22 e Fig. 3.23), visto che le fallanze alla velocità di 12 km/h restano al di sotto dell'1% e le doppie sempre sotto l'1%. Questi dati verranno utilizzati come confronto per altri semi simili o con condizioni simili cioè sempre con disco a 24 fori e alle 4 velocità prese in esame.

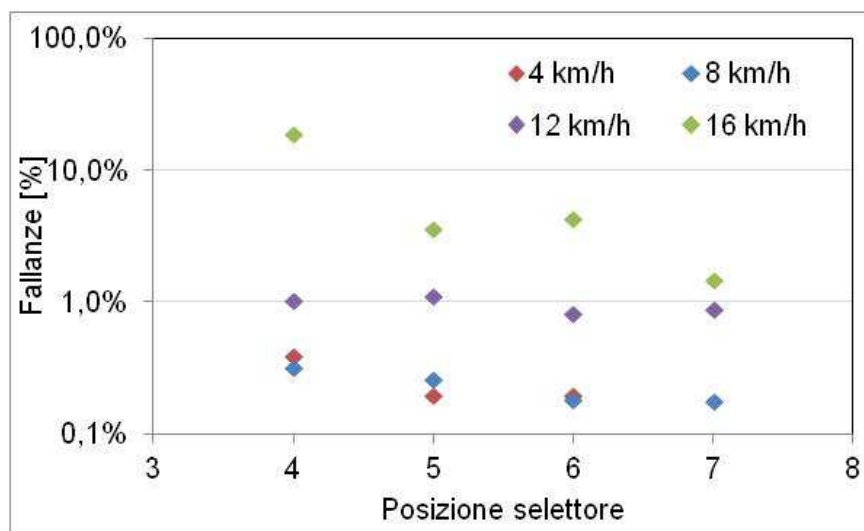


Fig. 3.22 Fallanze risultanti dal test con pallini in plastica.

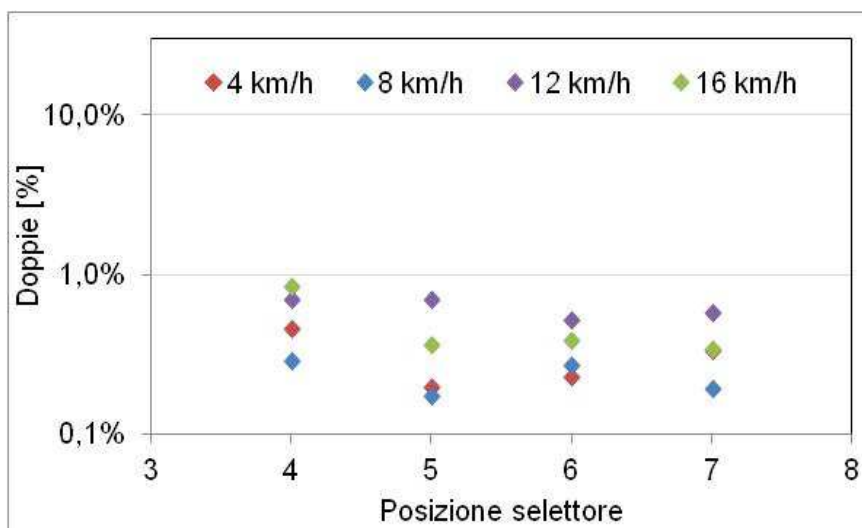


Fig. 3.23 Doppie risultanti dal test con pallini in plastica.

- **Barbabetola**

La conformazione dei semi confettati di barbabetola è simile a quella dei pallini per questo il selettore 1 svolge un lavoro di selezione sulle doppie meno vistoso rispetto a mais e girasole, ma altrettanto valido. Nella barbabetola abbiamo usato per il test un disco da 36 fori con diametro di 3,5 mm, questo elevato numero di fori è dovuto in particolare alla densità di semina della coltura (intrafila più ridotta in barbabetola rispetto a mais o girasole). La posizione ideale del selettore 1 è intorno al 5 dove le fallanze restano al di sotto del 1% fino ai 16 km/h e ottimizza abbastanza anche le doppie che restano inferiori anch'esse all'1% se non si massimizza la velocità (Fig. 3.24 e Fig. 3.25).

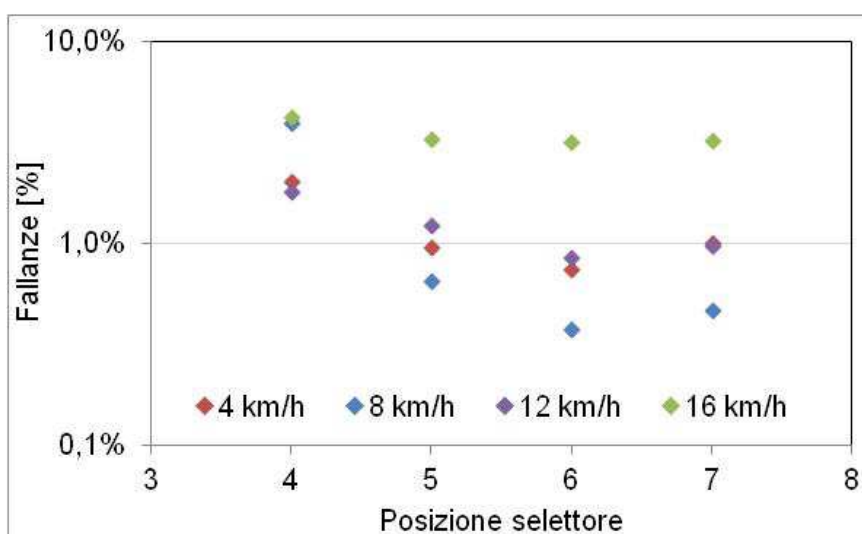


Fig. 3.24 Fallanze risultanti dal test su semi barbabetola confettati.

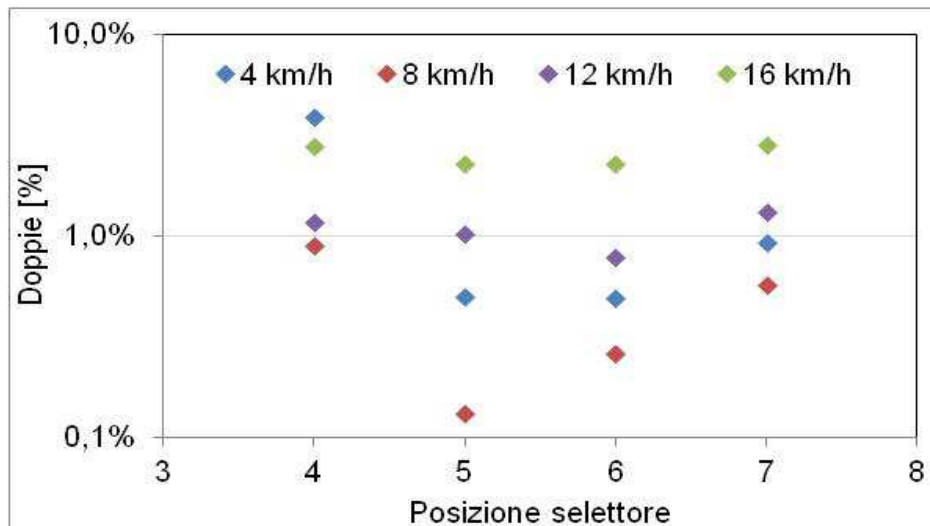


Fig. 3.25 Fallanze risultanti dal test su semi di barbabietola confettati.

- **Mais FAMOSO**

Nel caso del mais FAMOSO sono stati testati due diversi dischi:

- disco da 24 fori con diametro di 4,5 mm;
- disco da 24 fori con diametro da 5,5 mm.

Entrambi i test sui due differenti dischi sono avvenuti a 4 diverse velocità e con posizione del selettore 1 da 4 a 7. Il confronto è avvenuto per verificare quale tra i due dischi avrebbe ottenuto una performance di semina migliore. Dai grafici sottostanti possiamo vedere che il disco più efficiente è quello con diametro da 5,5 mm che a diverse velocità riesce a mantenere un andamento di fallanze mediamente al di sotto del 10% con diverse posizioni del selettore sia a 12 che a 16 km/h. Dai grafici in Fig. 3.26 e Fig. 3.27 deduciamo che il disco con i fori da 5,5 mm presenta meno fallanze con una soglia massima inferiore al 10% al contrario di quello con i fori da 4,5 mm che arriva anche a valori dell'80% con il selettore in posizione 4 a velocità di 12-16 km/h. Per quanto riguarda le doppie si è trovato un comportamento accettabile con entrambi i dischi, anche se quello con fori di diametro inferiore ha dimostrato una minore incidenza di doppie deposizioni (Fig. 3.28 e Fig. 3.29).

La posizione ottimale del selettore 1 per una semina efficace sarebbe tra il 5,5 e il 6,5 ma avendo effettuato test su posizioni fisse identifichiamo come miglior posizione il 6 con la quale le fallanze anche a 16 km/h restano al di sotto del 3%.

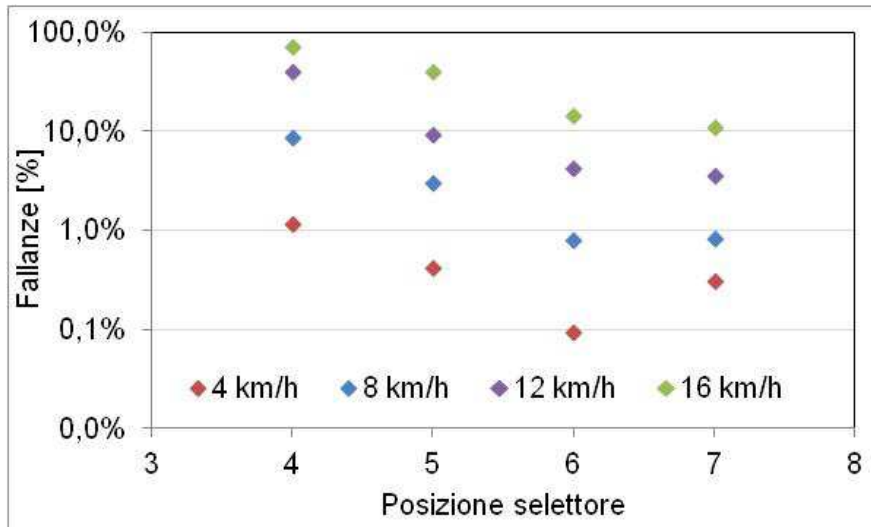


Fig. 3.26 Fallanze risultanti dal test con il disco da 4,5 mm.

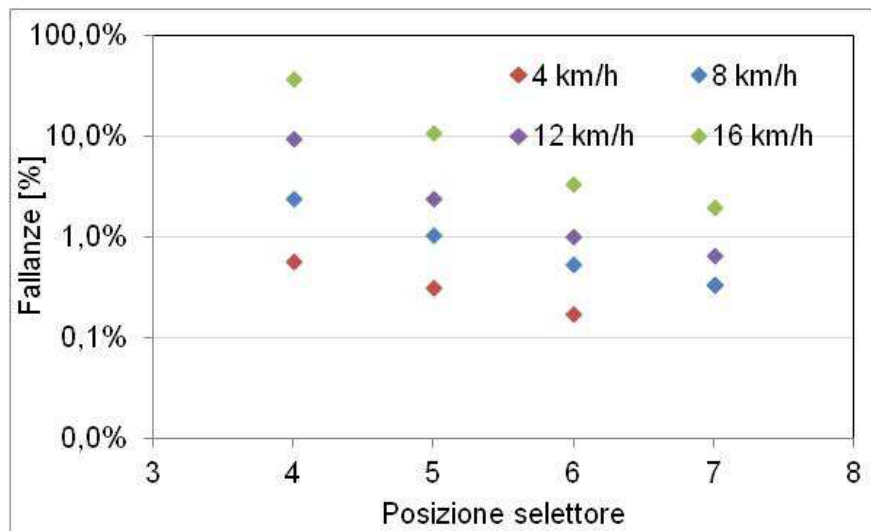


Fig. 3.27 Fallanze risultanti dal test con il disco da 5,5 mm.

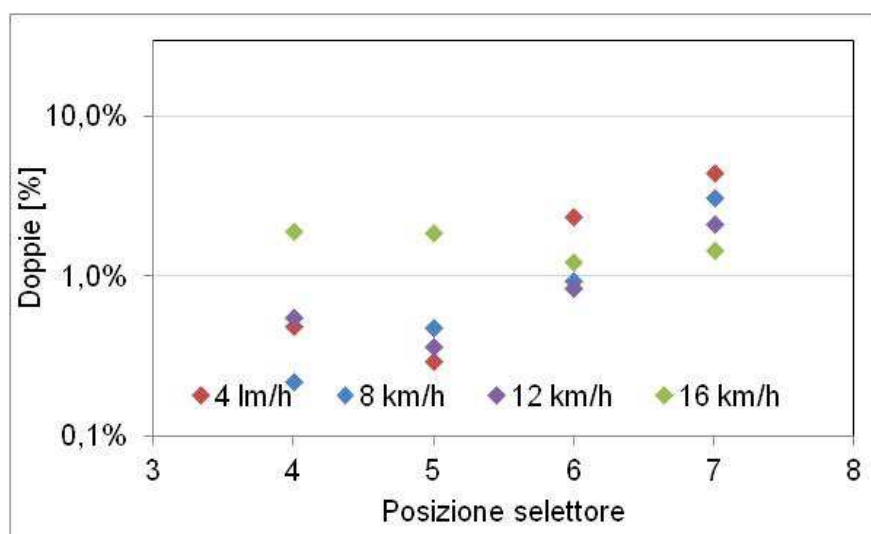


Fig. 3.28 Doppie risultanti dal test con il disco da 4,5 mm.

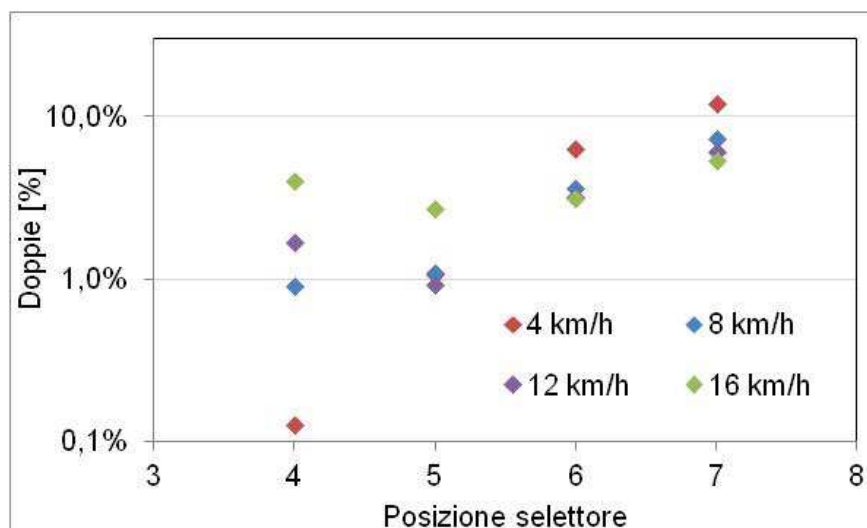


Fig. 3.29 Doppie risultanti dal test con il disco da 5,5 mm.

- **Mais PR36B08**

Il mais PR36B08 utilizzato ha un diametro maggiore rispetto al mais FAMOSO, infatti, anche i risultati ottenuti dai test sono differenti. In questo test si è utilizzato un disco da 24 fori con diametro 5,5 mm. Nel mais PR36B08 infatti la posizione ideale del selettore 1 risulta a 7 dove anche ad alta velocità le fallanze restano al di sotto del 10% (Fig. 3.30), mentre le doppie aumentano rispetto al mais FAMOSO ma comunque non superano il 5% (Fig. 3.31). Nel complesso il mais PR36B08 presenta delle caratteristiche di semina migliori a parità di disco rispetto al mais FAMOSO.

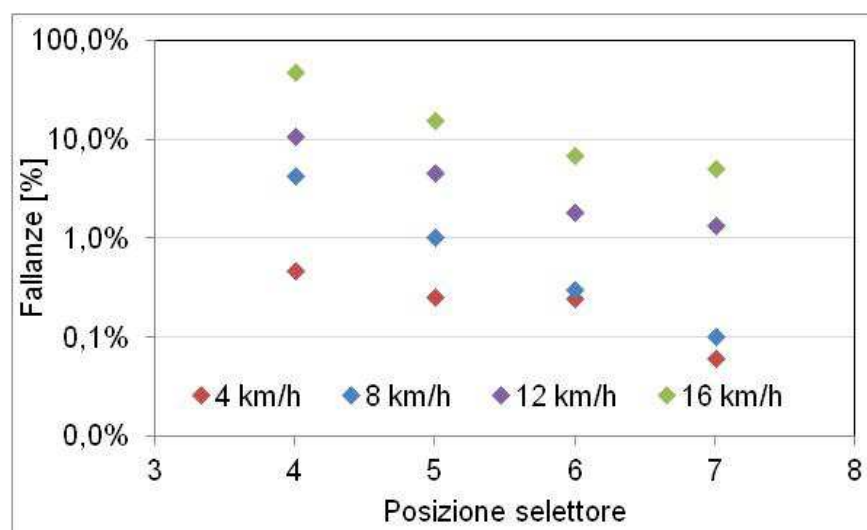


Fig. 3.30 Fallanze risultanti dal test su mais PR36B08.

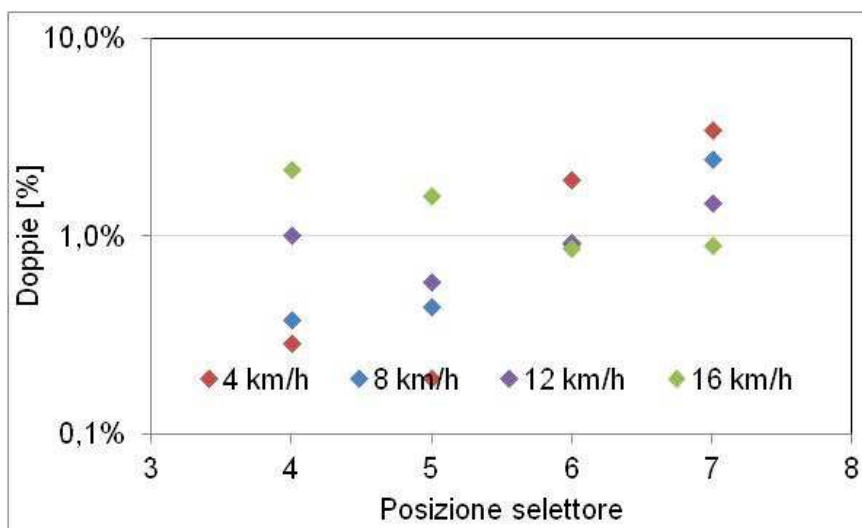


Fig. 3.31 Doppie risultanti dal test su mais PR36B08.

- **Girasole**

Per i test su semi di girasole è stato utilizzato un disco da 24 fori di diametro di 2,5 mm questo per la particolare forma di questi semi che per essere trattenuti dalla depressione applicata, devono essere aspirati da fori più piccoli. La posizione ideale del selettore 1 per la semina è 5; le fallanze restano sotto al 7-8% anche a 16 km/h mentre le doppie tendono a restare al di sotto del 7% (Fig. 3.32 e Fig. 3.33). Nel girasole come anche nel mais l'effetto del selettore 1 è più determinante rispetto agli altri semi, questo perché la particolare forma amigdaliforme non aderisce perfettamente al foro e spesso vengono aspirati più semi dalla stessa apertura del disco. L'efficacia del selettore 1 se posizionato in maniera ottimale sembra essere davvero necessaria per una semina di precisione.

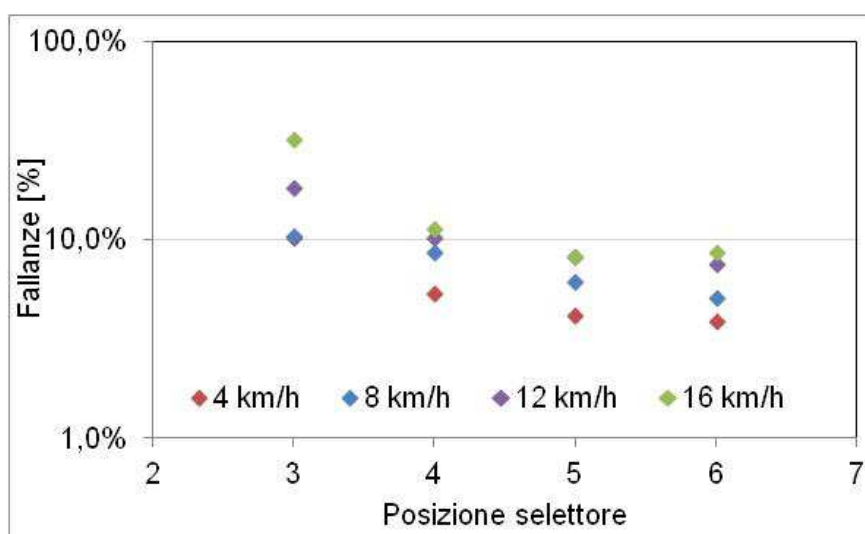


Fig. 3.32 Fallanze risultanti dal test su semi di girasole.

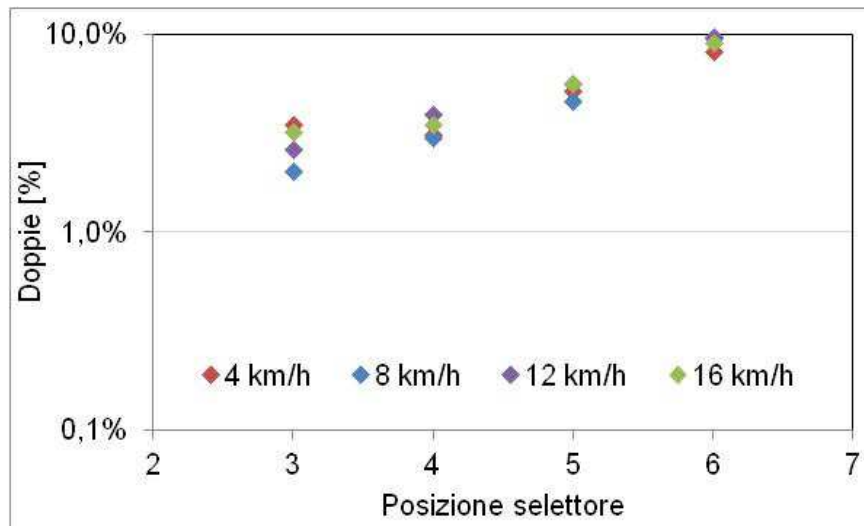


Fig. 3.33 Doppie risultanti dal test su semi di girasole.

- **Pallini con disco da 72 fori**

I pallini in questo caso sono stati testati con un disco da 72 fori con diametro da 5,5 mm. Lo stesso disco è stato utilizzato per i semi di soia per attuare un confronto e comprendere su quali variabili agire per diminuire fallanze e doppie. Dal grafico in Fig. 3.34 si può osservare che le fallanze restano al di sotto del 10% con selettore 1 in posizione 5 anche all'aumentare della velocità fino a 16 km/h. Il selettore 1 svolge la sua influenza al di sopra dei 10 km/h poiché a 4 e 8 km/h le fallanze restano al di sotto dell'1%. La percentuale di doppie con il selettore 1 in questa posizione resta al di sotto dell'1% con velocità del disco inferiore a 10 km/h mentre può arrivare ad 1,5% con velocità più sostenute (Fig. 3.35).

Sommariamente la posizione intorno al 5 sembra quella ottimale per i pallini con disco da 72 fori e con diametro da 5,5 mm. Questi risultati verranno confrontati con quelli ottenuti con semi di conformazione simile ad esempio la soia.

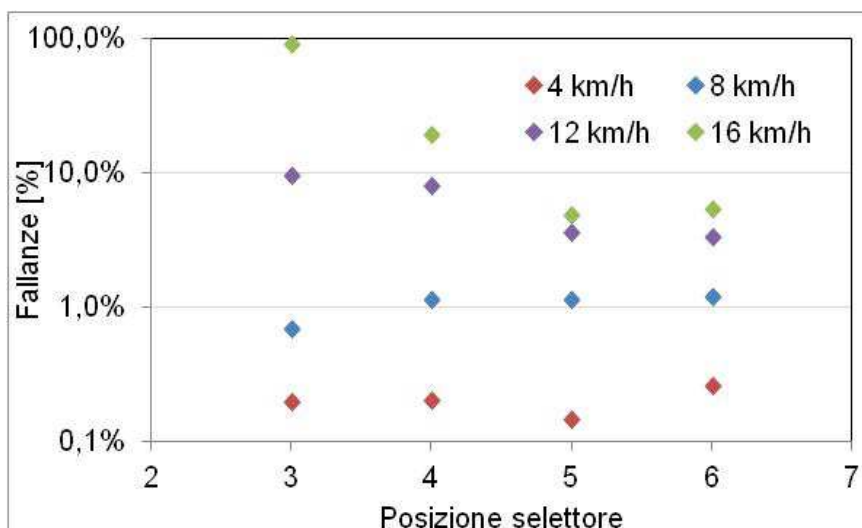


Fig. 3.34 Fallanze risultanti dal test su pallini.

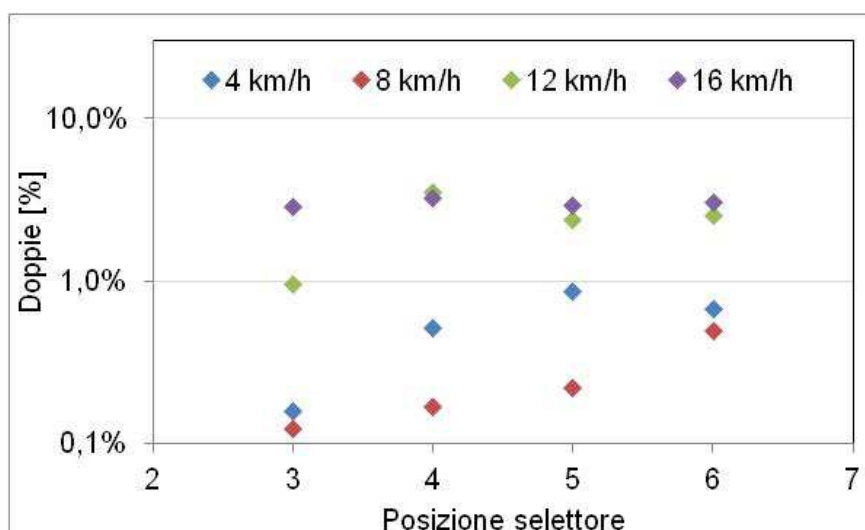


Fig. 3.35 Doppie risultanti dal test su pallini.

- **Soia HIROKO**

La soia HIROKO, di colore chiaro, è stata testata con lo stesso disco utilizzato per i pallini cioè con 72 fori del diametro di 4,5 mm. L'incidenza degli errori risulta maggiore su soia rispetto ai pallini ma comunque con selettore in posizione 4 le fallanze restano al di sotto del 10% fino ai 12 km/h (Fig. 3.36), mentre le doppie restano sempre al di sotto del 10% anche a velocità sostenuta (Fig. 3.37).

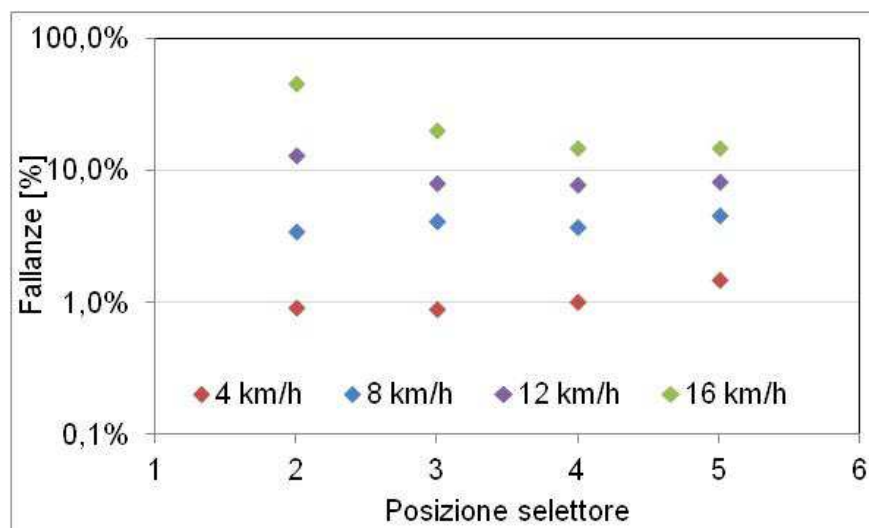


Fig. 3.36 Fallanze risultanti dal test su semi di soia HIROKO.

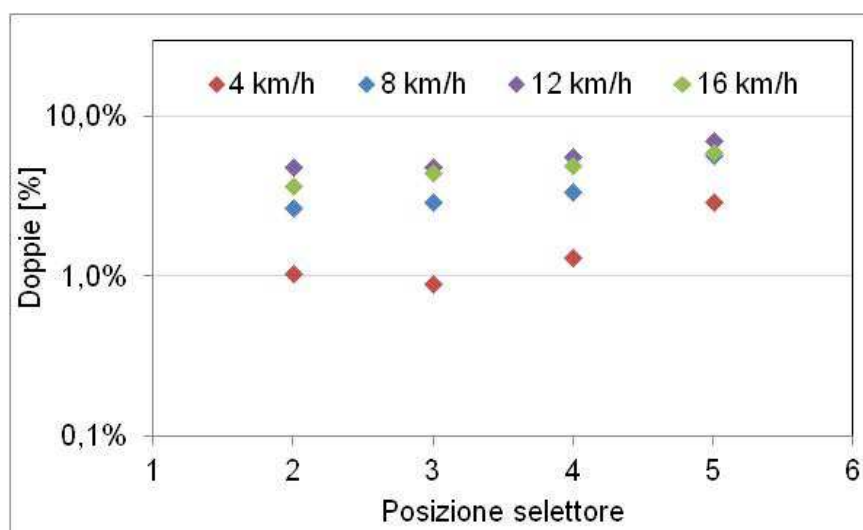


Fig. 3.37 Doppie risultanti dal test su semi di soia HIROKO.

- **Soia PR92M35**

La soia PR92M35 utilizzata per il test è di colore blu scuro rispetto a HIROKO, di colore giallo pallido, e questa sua caratteristica ha influito sui risultati dei test. I test sono stati effettuati con lo stesso disco da 72 fori e diametro di 5,5 mm, ma hanno dato risultati differenti in quanto i rivelatori posizionati lungo il tubo adduttore non sono riusciti a segnalare tutti i passaggi dei semi. Il colore di questi semi non viene sempre riconosciuto dalle fotocellule rendendo i dati meno attendibili. Le fallanze in percentuale risultano più alte con valori che superano il 30% con selettore 1 in posizione 5 (Fig. 3.38). Le doppie invece risultano inferiori in percentuale all'1% con il selettore 1 in posizione 3 mentre aumentano con altre posizioni (Fig. 3.39). Tuttavia le doppie restano

mediamente basse, poiché conseguenti al numero di fallanze. Rispetto alla soia chiara, HIROKO, dove le fallanze non arrivavano a valori intorno al 60% vediamo una sostanziale differenza dei risultati, ma questo è dovuto per l'appunto al colore del seme come dichiarato in precedenza.

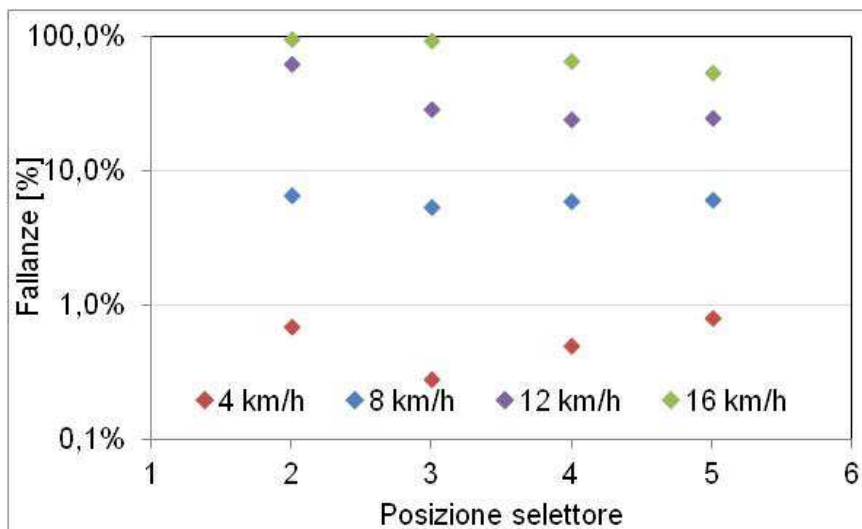


Fig. 3.38 Fallanze risultanti dal test su semi di soia PR92M35.

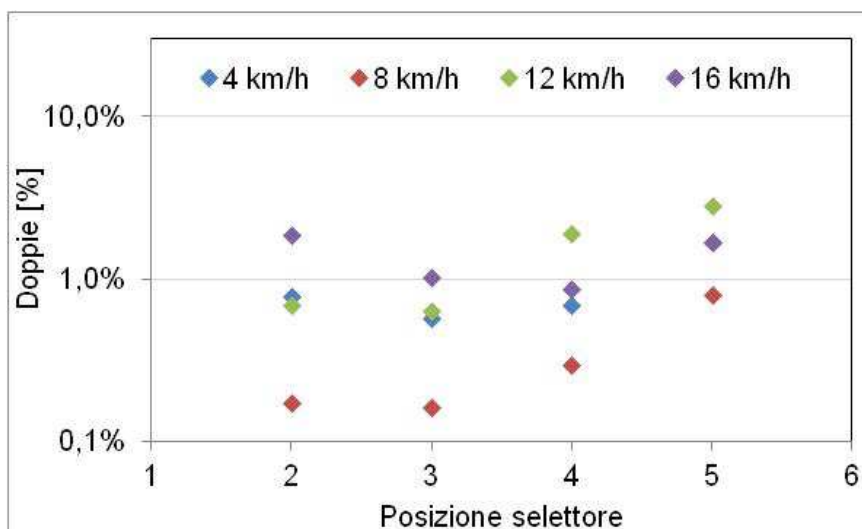


Fig. 3.39 Doppie risultanti dal test su semi di soia PR92M35.

3.6.2 Influenza della posizione del selettore 2

In questo paragrafo sono riportati i dati, ottenuti testando diverse posizioni del selettore, differenziandoli per i diversi tipi di semi. Per questo selettore i test sono stati eseguiti solamente per i semi di Mais FAMOSO, Mais PR36B08, Soia HIROKO e Girasole.

- **Mais FAMOSO**

Il mais FAMOSO è stato testato utilizzando un disco di semina con 24 fori di diametro di 5,5 mm.

Dal grafico in Fig. 3.40 si osserva che la posizione migliore del selettore 2 è in posizione 7 dove la fallanze arrivano ad una soglia massima inferiore al 5% con velocità di 16 km/h. Questo selettore a parità di posizione e velocità presenta valori di fallanze inferiori rispetto al selettore 1.

Per quanto riguarda le doppie la posizione ottimale del selettore 2 per una semina efficace è 4, dove le doppie anche a velocità elevate non superano il 5% (Fig. 3.41). anche nel caso delle doppie a parità di condizioni il selettore 2 è più efficace del selettore 1.

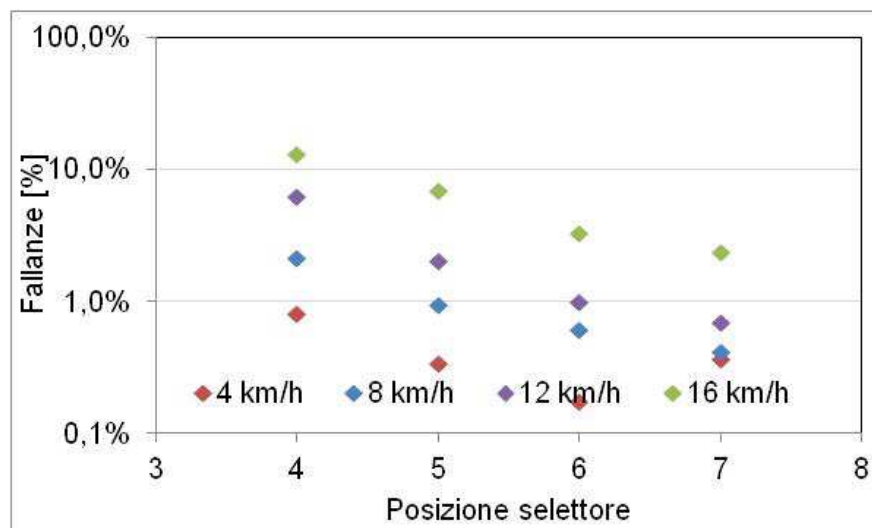


Fig. 3.40 Fallanze risultanti dal test su semi di mais FAMOSO.

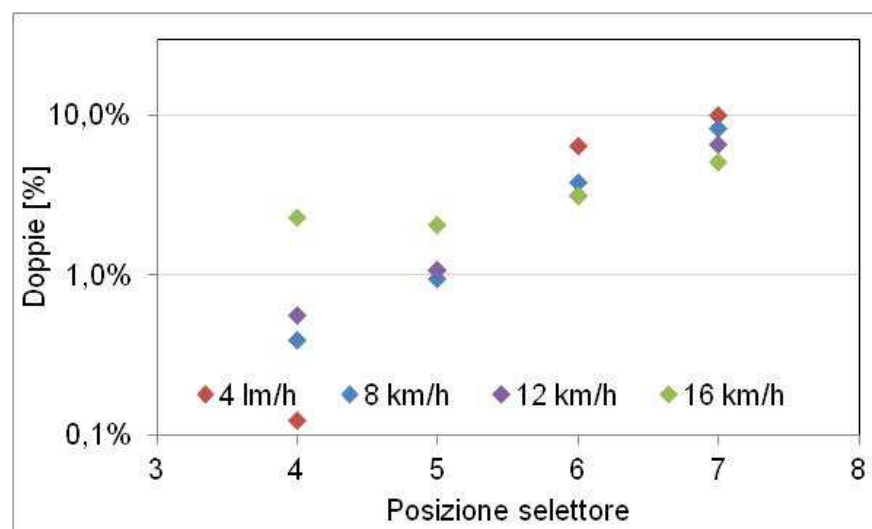


Fig. 3.41 Doppie risultanti dal test su semi di mais FAMOSO.

- **Mais PR36B08**

Il mais PR36B08 utilizzato, come detto in precedenza, ha un diametro maggiore rispetto al mais FAMOSO, infatti anche i risultati ottenuti dai test sono differenti. In questo test si è utilizzato un disco da 24 fori con diametro 5,5 mm. Nel mais PR36B08 la posizione ideale del selettore 2 risulta compresa tra 6 e 7, dove anche ad alta velocità le fallanze restano al di sotto del 10% (Fig. 3.42); le doppie invece non superano il 5% con selettore fino a 6 (Fig. 3.43). Anche per il mais PR36B08 il selettore 2 sembra essere migliore rispetto al selettore 1.

Nel complesso per il mais PR36B08 la posizione migliore del selettore 2 sembra essere compresa tra 5 e 6 dove si ottengono buoni risultati sia per le fallanze sia per le doppie.

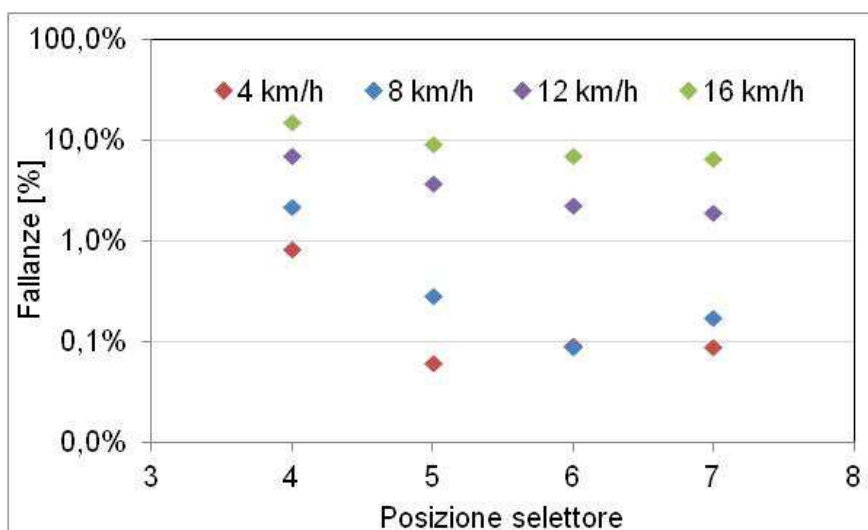


Fig. 3.42 Fallanze risultanti dal test su semi di mais PR36B08.

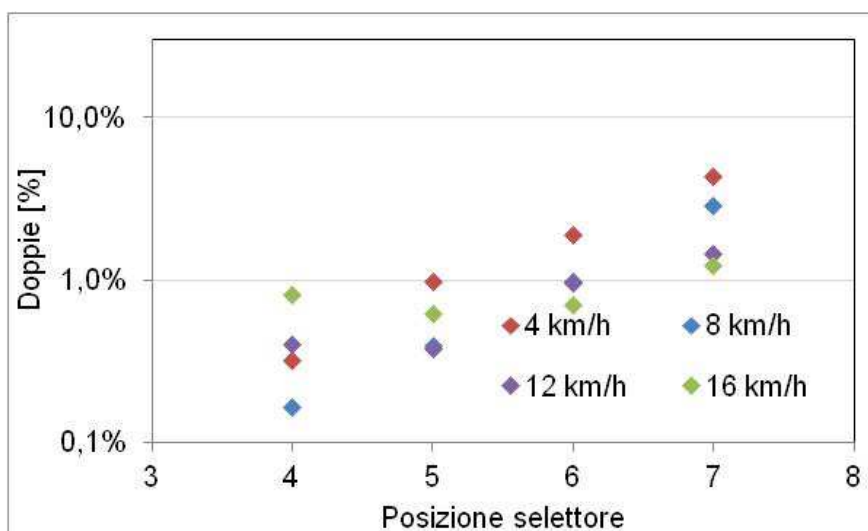


Fig. 3.43 Doppie risultanti dal test su semi di mais PR36B08.

- **Girasole**

Per i test su semi di girasole è stato utilizzato un disco da 24 fori di diametro di 2,5 mm, questo per la particolare forma dei semi che per essere trattiene dalla depressione applicata, devono essere aspirati da fori più piccoli. La posizione ideale del selettore 2 per la semina è 4; le fallanze restano sotto al 10 % fino a 12 km/h mentre le doppie tendono a restare al di sotto del 7% (Fig. 3.44 e Fig. 3.45). L'azione del selettore 2 è peggiore rispetto al selettore 1 dove si registrano valori di fallanze e doppie leggermente più bassi.

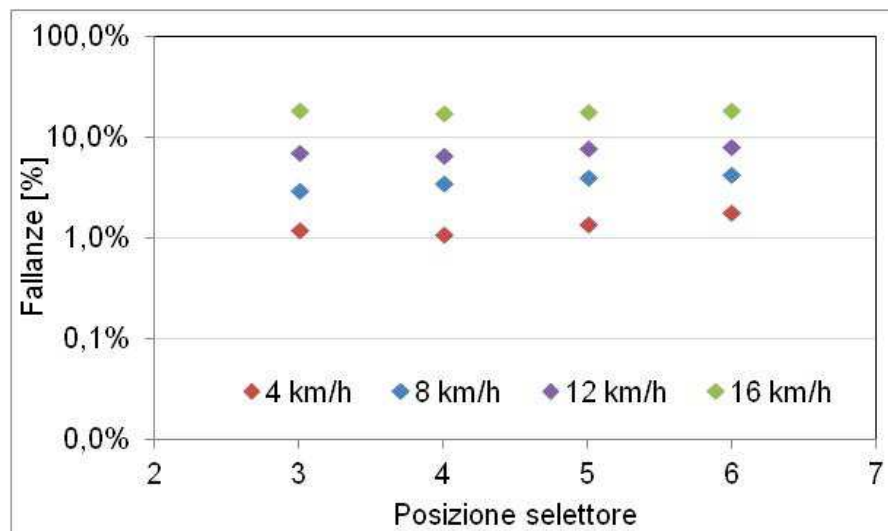


Fig. 3.44 Fallanze risultanti dal test su semi di girasole.

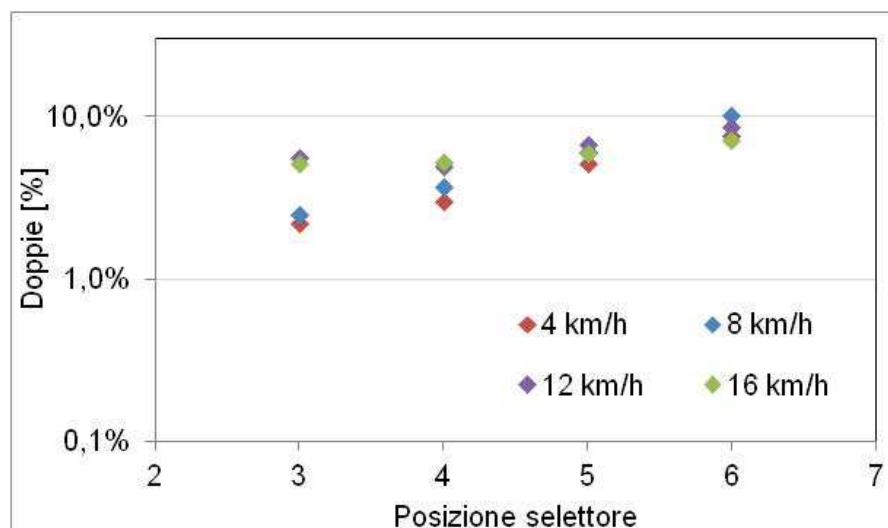


Fig. 3.45 Doppie risultanti dal test su semi di girasole.

- **Soia HIROKO**

La soia HIROKO è stata testata con disco da 72 fori del diametro di 4,5 mm. Con selettore in posizione 5 le fallanze restano al di sotto del 5% fino ai 16 km/h (Fig. 3.46), mentre le doppie raggiungono il 10% con velocità elevata (Fig. 3.47). per le doppie la posizione ideale del selettore sarebbe tra il 2 e il 3 dove raggiungo al massimo la soglia del 5% con velocità elevate.

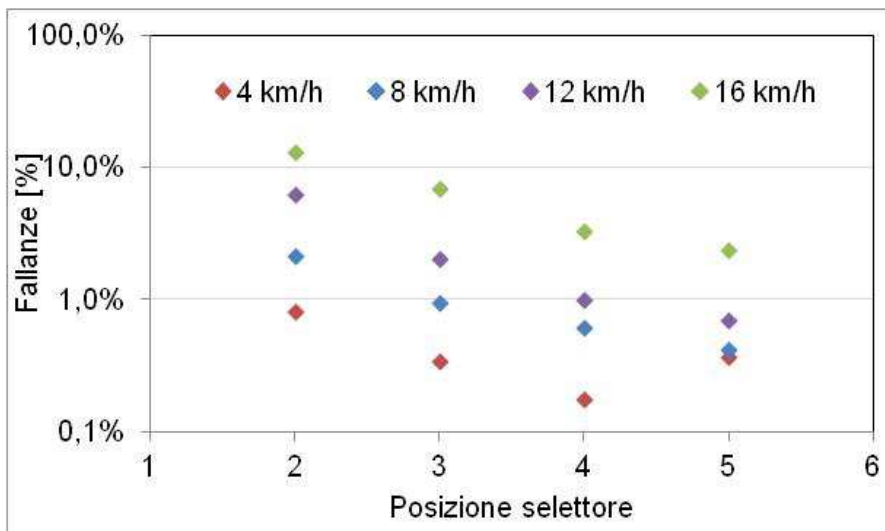


Fig. 3.46 Fallanze risultanti dal test su semi di soia HIROKO.

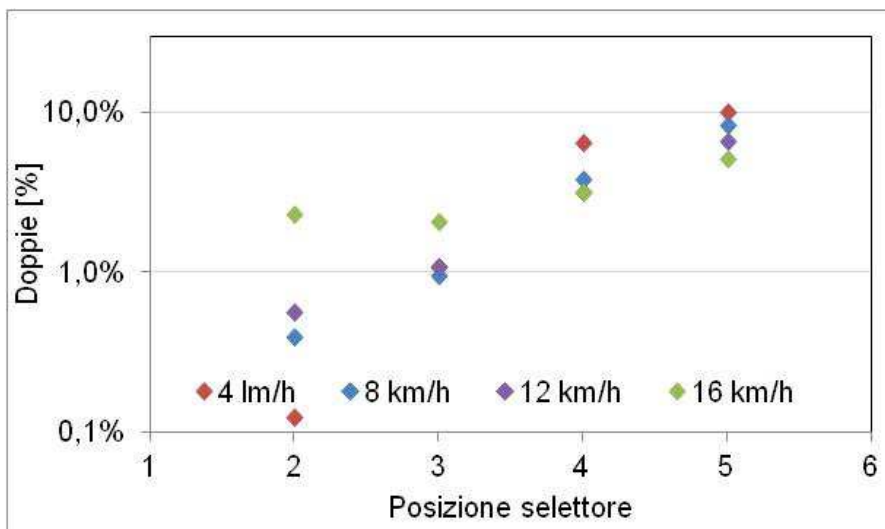


Fig. 3.47 Doppie risultanti dal test su semi di soia HIROKO.

3.6.3 Influenza del tipo di selettore

Di seguito sono riportate le tabelle con i dati dei test effettuati con i vari dischi di semina, a varie velocità e con i due tipi di selettore (Tab. 3.16, Tab. 3.17, Tab. 3.18, Tab. 3.19). I dati vengono comparati per definire quale selettore sia più efficiente. L'azienda infatti ha fornito sia il selettore di nuova generazione (selettore 1) sia quello precedente (selettore 2), per capire se effettivamente le modifiche apportate hanno migliorato la qualità della semina.

SEME	VELOCITÀ [km/h]	POSIZIONE SELETTORE	FALLANZE [%]	DOPPIE [%]
Pallini	4	7	0,00%	0,34%
	8	7	0,39%	0,19%
	12	7	0,87%	0,58%
	16	7	1,47%	0,34%
Barbabetola	4	6	0,74%	0,26%
	8	6	0,37%	0,49%
	12	6	0,85%	0,79%
	16	6	3,17%	2,27%
Mais FAMOSO	4	6	0,17%	6,30%
	8	6	0,54%	3,60%
	12	6	1,02%	3,19%
	16	6	3,41%	3,09%
Mais PR36B08	4	7	0,06%	3,43%
	8	7	0,10%	2,45%
	12	7	1,37%	1,48%
	16	7	5,09%	0,90%
Girasole	4	5	4,22%	5,17%
	8	5	2,61%	4,59%
	12	5	4,05%	5,68%
	16	5	4,54%	5,66%

Tab. 3.16 Dati riassuntivi effettuati con selettore 1 e disco di semina da 24 fori per pallini, mais e girasole, mentre da 36 fori per barbabetola.

SEME	VELOCITÀ [km/h]	POSIZIONE SELETTORE	FALLANZE [%]	DOPPIE [%]
Pallini	4	5	0,15%	0,22%
	8	5	2,73%	0,87%
	12	5	3,67%	2,96%
	16	5	4,88%	2,41%
Soia HIROKO*	4	4	1,02%	1,33%
	8	4	3,76%	3,42%
	12	4	7,96%	5,58%
	16	4	15,04%	4,93%
Soia PR92M35*	4	4	0,50%	0,30%
	8	4	6,01%	0,70%
	12	4	24,29%	0,87%
	16	4	66,98%	1,91%
*difficile definire selettore ottimale				

Tab. 3.17 Dati riassuntivi effettuati con selettore 1 e disco di semina da 72 fori.

SEME	VELOCITÀ [km/h]	POSIZIONE SELETTORE	FALLANZE [%]	DOPPIE [%]
Mais FAMOSO	4	6	0,18%	6,54%
	8	6	0,61%	3,84%
	12	6	0,99%	3,18%
	16	6	3,32%	3,18%
Mais PR36B08	4	6	0,09%	1,90%
	8	6	0,09%	0,98%
	12	6	2,24%	0,95%
	16	6	7,07%	0,71%
Soia HIROKO	4	4	0,18%	6,54%
	8	4	0,61%	3,84%
	12	4	0,99%	3,18%
	16	4	3,32%	3,18%
Girasole	4	6	1,10%	2,97%
	8	6	3,44%	3,68%
	12	6	6,53%	4,88%
	16	6	17,31%	5,27%

Tab. 3.18 Dati riassuntivi effettuati con selettore 2 e disco di semina da 24 fori per pallini, mais e girasole, mentre da 36 fori per barbabietola.

SEME	VELOCITÀ [km/h]	FALLANZE	DOPPIE
Mais FAMOSO	4	=	=
	8	=	=
	12	=	=
	16	=	=
Mais PR36B08	4	=	2
	8	=	2
	12	1	2
	16	1	=
Soia HIROKO	4	2	1
	8	2	=
	12	2	2
	16	2	2
Girasole	4	2	2
	8	1	2
	12	1	2
	16	1	=

Tab. 3.19 Riassunto dei migliori risultati avuti dai due selettori.

3.7 Risultati terza serie di test

Il piano delle prove effettuate nella seconda serie di test sono riportate nella tabella che segue (Tab. 3.20).

SEME	DIAMETRO FORI [mm]	N° FORI	DISTANZA DI SEMINA SIMULATA [cm]	LIVELLO DI DEPRESSIONE [mbar]	VELOCITÀ DI SEMINA [km/h]	RIPETIZIONI
Pallini	5,5	24; 72	5; 18	30; 40; 60; 80	4; 8; 12; 16	3
Barbabietola	3,5	36	14			
Mais FAMOSO	5,5	24	18			
Mais PR36B08	5,5	24	18			
Soia HIROKO	4,5	72	5			
Soia PR36B08	4,5	72	5			
Girasole	2,5	24	18			

Tab. 3.20 Piano della terza serie di prove.

In questo paragrafo sono riportati i dati ottenuti testando diversi livelli di depressione, misurati a livello del disco. I dati sono analizzati differenziandoli per tipologia di semi, nel caso di mais e soia i dati sono mediati aggregando assieme le due tipologie testate.

- **Pallini con disco da 24 fori**

I pallini grazie alla loro geometria regolare sono stati utilizzati per i test come metodo di paragone. In questo caso è stato utilizzato un disco da 24 fori con diametro da 5,5 mm, testando 4 diverse velocità e quattro livelli di depressione. Si può osservare, dal grafico in Fig. 3.48, che il comportamento ideale della seminatrice si manifesta con livelli di depressione attorno ai 40-50 mbar. In particolare con depressione di 40 mbar e basse velocità, le fallanze si attestano attorno all'1%, scendono sotto l'1% a 8 km/h, per risalire al 2-3% a 12 km/h e arrivare di poco sopra al 4% a 16 km/h. Per le doppie il comportamento è buono in tutte le condizioni, ad eccezione che ad alte velocità con livelli di depressione elevati dove le doppie raggiungono valori elevati (Fig. 3.49).

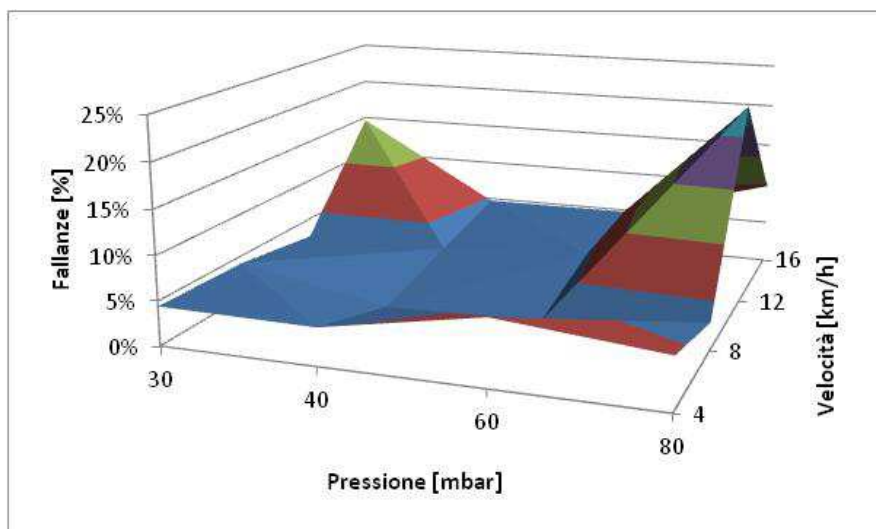


Fig. 3.48 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati differenziati per le diverse velocità.

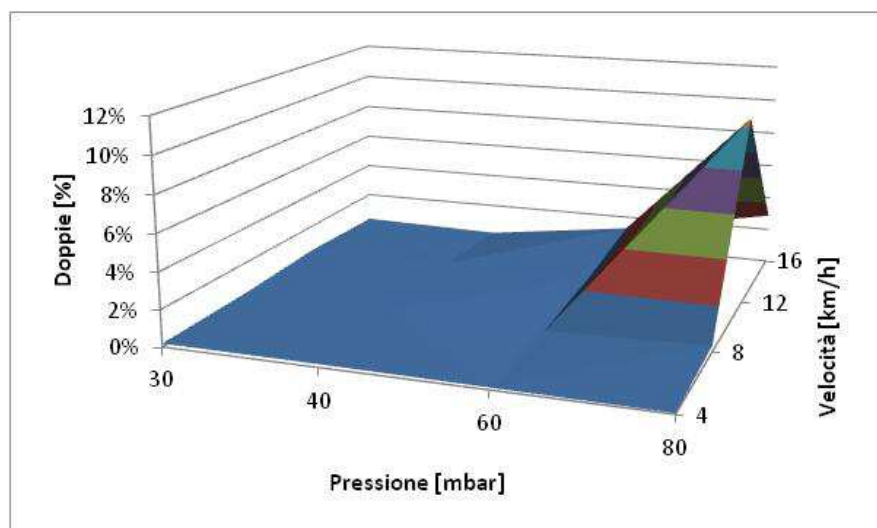


Fig. 3.49 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati differenziati per le diverse velocità.

- **Barbabetola**

La conformazione dei semi confettati di barbabetola è simile a quella dei pallini da Softair, per questo la performance di semina è abbastanza simile a quanto visto nel punto precedente.

Alle alte pressioni si osserva un peggioramento delle fallanze, soprattutto alle alte velocità, mentre si ha un funzionamento più omogeneo a pressioni più basse (Fig. 3.50). Questo è un fenomeno strano, inaspettato, che deve essere preso in considerazione. Il funzionamento ideale per quanto riguarda le fallanze è intorno ai 30-40 mbar.

Operando con alte pressioni si presenta anche un aumento delle doppie ma con valori che risultano sempre limitati sotto al 5% (Fig.3.51).

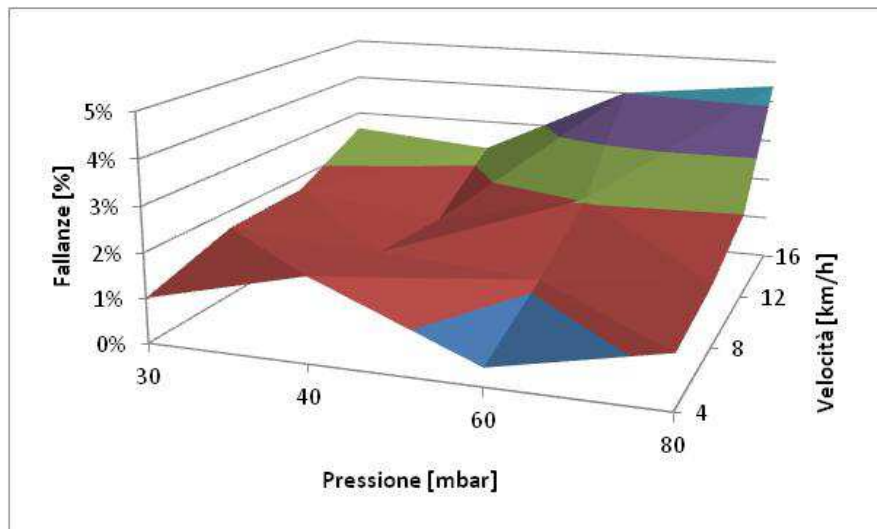


Fig. 3.50 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati differenziati per le diverse velocità.

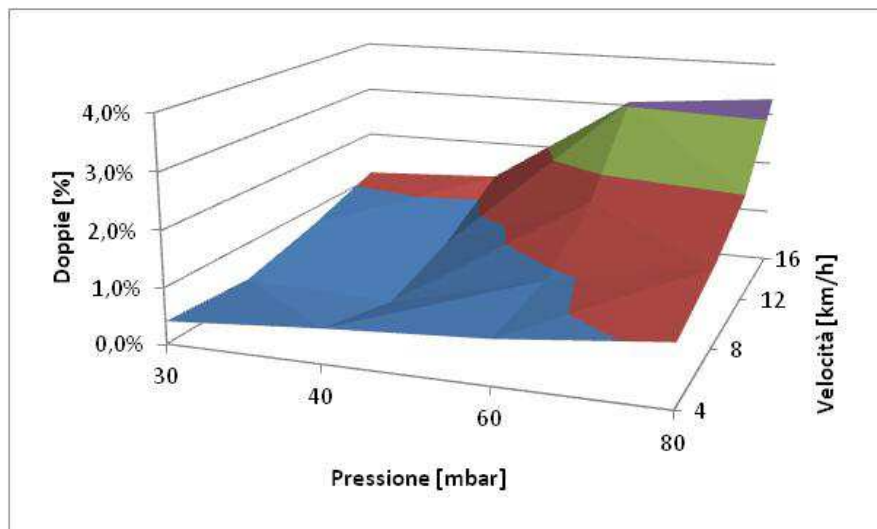


Fig. 3.51 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati differenziati per le diverse velocità.

- **Mais**

Il comportamento della seminatrice cambia nel caso del mais, dove la forma del seme non è più regolare. I dati, come ricordato in precedenza, sono aggregati mediando le due tipologie di mais analizzate: mais FAMOSO e mais PR36B08.

In questo caso le fallanze tendono ad aumentare al diminuire del livello di depressione; tanto più bassa è la depressione tanto più alto è il numero di fallanze. In tutti i casi i valori ottimali di depressione sono compresi tra i 60-80 mbar (Fig. 3.52). A pressioni molto alte, attorno a 80 mbar, può aumentare l'eventualità di manifestarsi

doppie soprattutto alle basse velocità, dove l'incidenza delle doppie arriva a circa 2,5%, percentuale che può considerarsi significativa rispetto agli altri valori che stanno sotto in media al 1-1,5% (Fig. 3.53).

Lavorare a 80 mbar su mais può penalizzare troppo in termini di doppie, ma a 60 mbar può ottimizzare la performance in termini di doppie e fallanze.

Nei grafici sono riportati anche i valori di doppie e fallanze osservati con livelli di depressione a 20 mbar.

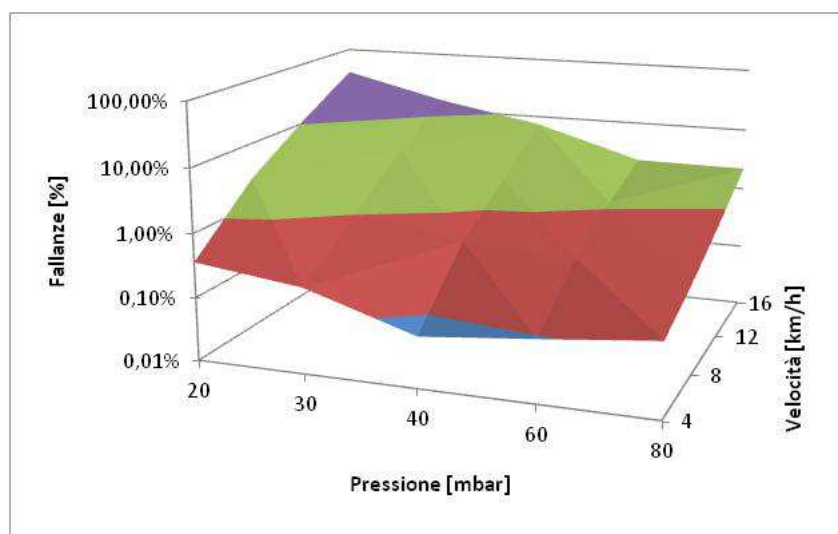


Fig. 3.52 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati aggregati per il mais FAMOSO e PR36B08, differenziati per le diverse velocità.

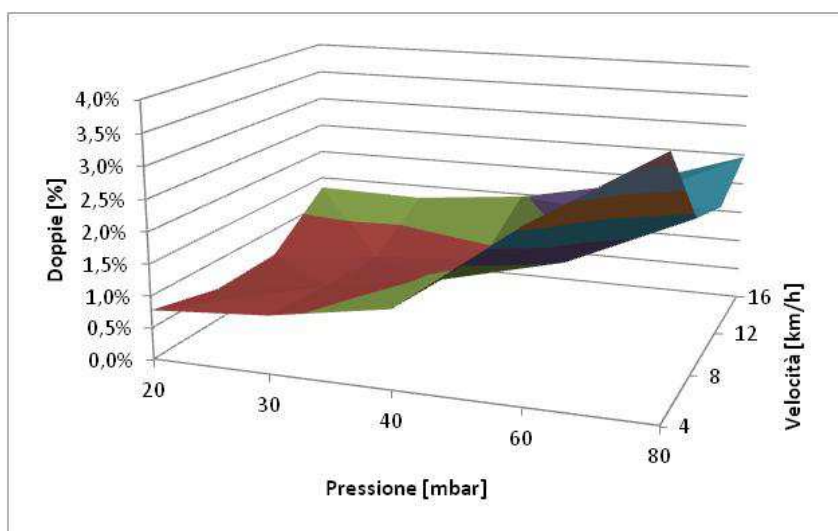


Fig. 3.53 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati aggregati per il mais FAMOSO e PR36B08, differenziati per le diverse velocità.

- **Girasole**

Il girasole ha “semi”, ovvero acheni, con forma particolare (molto accentuata la forma allungata) che influisce sulla performance sia per quanto riguarda le fallanze sia per le doppie. Osservando le fallanze è necessario lavorare con le depressioni più alte a causa delle perdite di carico dovute alla forma degli acheni; si possono raggiungere percentuali di fallanze di oltre il 20-30% con pressioni più basse (Fig. 3.54). Con pressioni più alte, intorno ai 60-80 mbar, si riescono a tenere le fallanze sotto al 10% fino a 12 km/h, mentre a 16 km/h crescono al 12-15%. Le doppie hanno un’incidenza significativa con valori del 3-6% (Fig. 3.55); doppie che si manifestano maggiormente ad alte pressioni e che si attenuano operando a 40-60 mbar. Le condizioni ideali di lavoro per il girasole potrebbero assestarsi tra i 50-60 mbar di depressionione.

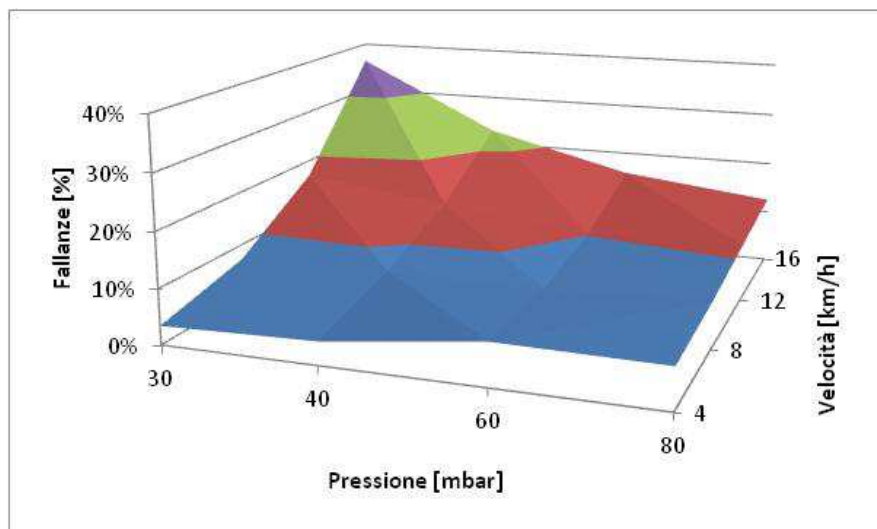


Fig. 3.54 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati differenziati per le diverse velocità.

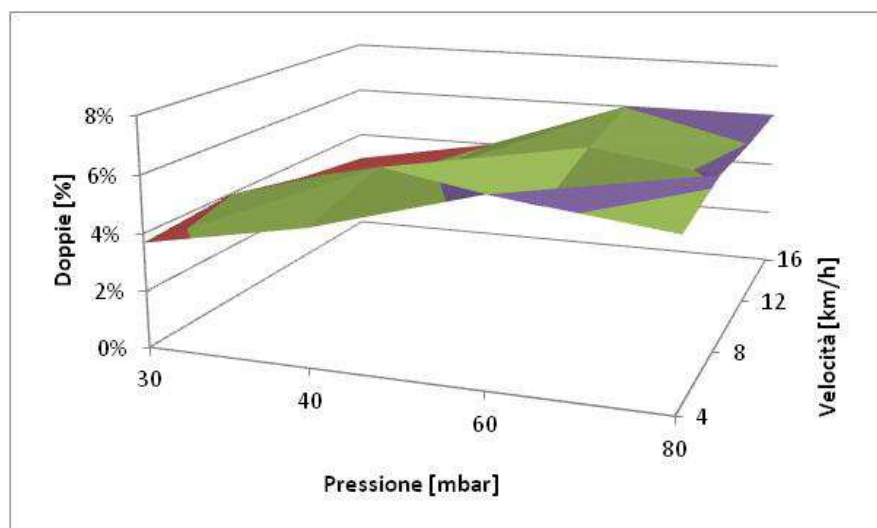


Fig. 3.55 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati differenziati per le diverse velocità.

- **Pallini con disco da 72 fori**

Più complicata è la semina con disco a 72 fori. I pallini grazie alla loro geometria regolare sono stati utilizzati per i test come metodo di paragone. In questo caso è stato utilizzato un disco da 72 fori, testando 4 diverse velocità e quattro livelli di depressione. Con i pallini la performance sulle fallanze è rimasta sotto il 12% e in particolare i risultati migliori si sono ottenuti lavorando a 30-40 mbar (Fig. 3.56). Valori di 30-40 mbar che ottimizzano anche la situazione per quanto riguarda le doppie (Fig. 3.57). Le condizioni peggiori di funzionamento della seminatrice si manifestano intorno agli 80 mbar.

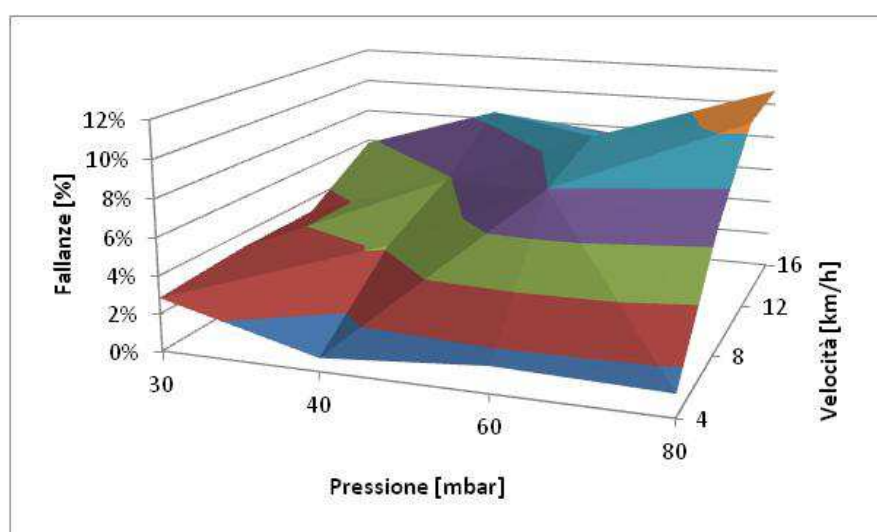


Fig. 3.56 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati differenziati per le diverse velocità.

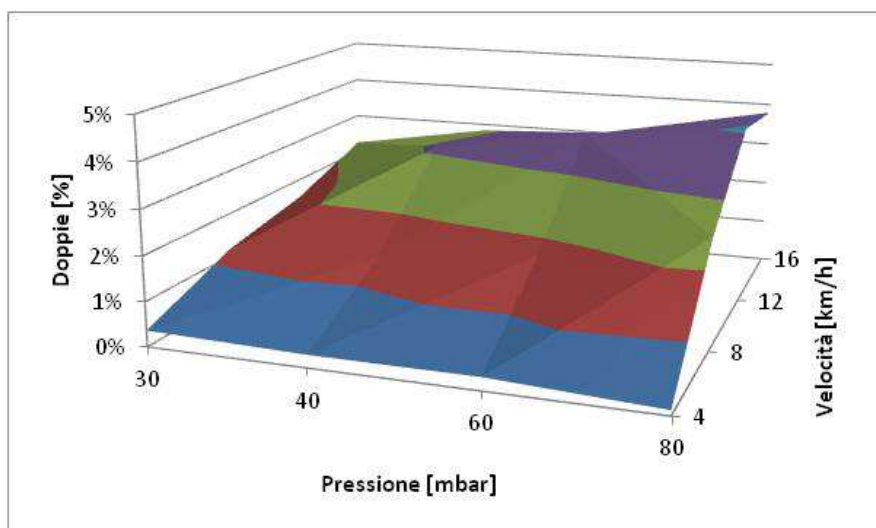


Fig. 3.57 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati differenziati per le diverse velocità.

- **Soia**

Come per il mais i dati della soia sono riportati nei grafici aggregati mediando la soia HIROKO e PR92M35.

Su soia si osserva un netto peggioramento della performance di semina con velocità molto elevate, sopra i 12 km/h. In generale le condizioni migliori di semina si hanno con valori di depressione attorno ai 60 mbar; in questa situazione le fallanze hanno valori sotto al 1% con semina a 4 km/h, sotto il 3-4% a 8 km/h, mantengono il 7% a 12 km/h e si assestano sotto il 15% a 16 km/h (Fig. 3.58). Le doppie aumentano con l'aumentare della depressione, tuttavia lavorando fino a 60 mbar si mantengono valori al di sotto del 4-5% (Fig. 3.59); valori del tutto accettabili anche a fronte delle fallanze presenti.

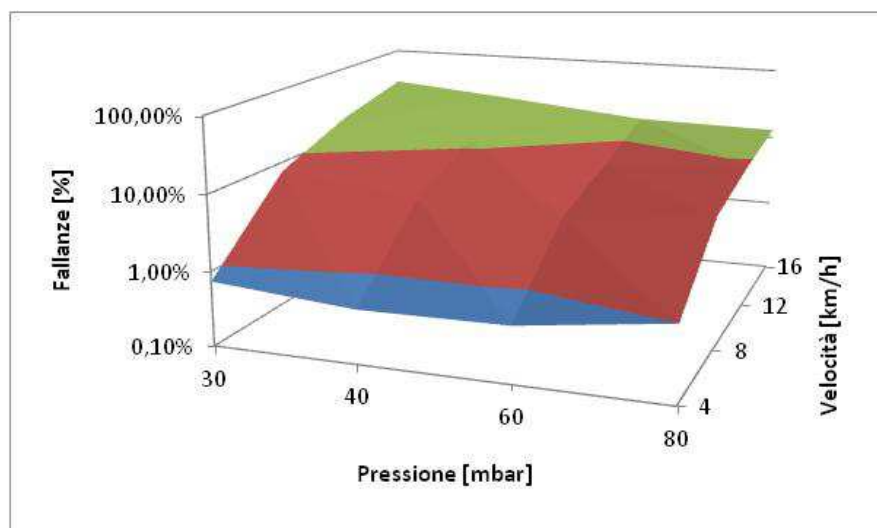


Fig. 3.58 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di fallanze, con dati aggregati per la soia HIROKO e PR92M35, differenziati per le diverse velocità.

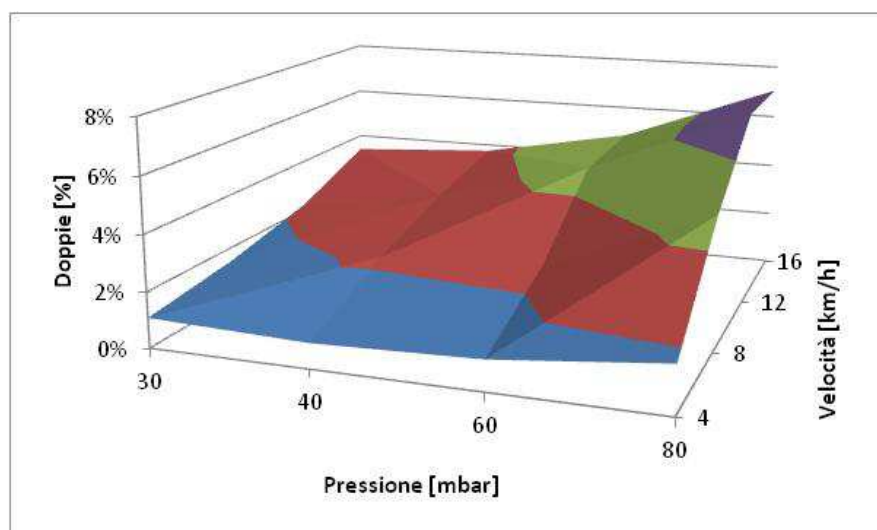


Fig. 3.59 Influenza relativa del livello di depressione sul numero di doppie, con dati aggregati per la soia HIROKO e PR92M35, differenziati per le diverse velocità.

Capitolo 4

CONCLUSIONI

4.1 Considerazioni finali

L'agricoltura sta subendo negli ultimi anni un crescente progresso tecnologico che interessa tutti i comparti di questo settore. Non è esclusa la semina e in particolare la progettazione e la realizzazione delle macchine impiegate in questa lavorazione. Ogni produttore per rimanere competitivo sul mercato è costantemente alla ricerca di nuove soluzioni, per fornire ad agricoltori e imprese agromeccaniche, macchine sempre più efficienti che permettano di facilitare il lavoro e migliorarne la qualità.

Tra le ultime novità comparse nel settore "semina" c'è l'azionamento elettrico del sistema di distribuzione nelle seminatrici pneumatiche monogerme. Stando a quanto indicato dai produttori questa soluzione permette di migliorare notevolmente la performance di semina in termini di precisione e regolarità di semina, e non solo.

Per questo anche MaterMacc ha realizzato un prototipo basato su questa soluzione tecnica, e per valutarne il funzionamento ha richiesto di testare un elemento di semina in laboratorio sottoponendolo a diverse condizioni operative.

Le performance dell'elemento di semina sono state analizzate considerando il verificarsi del numero di errori, in termini di fallanze e doppie, eseguendo tre serie di prove ripetute, cambiando le diverse variabili prese in considerazione. Le variabili osservate fino ad ora riguardano: tipologia di semi, velocità di rotazione del disco,

numero e diametro dei fori del disco, posizione del ferretto, tipo e posizione del selettore, livello di depressione e tipo di trasmissione.

Dall'elaborazione dei dati si è potuto individuare i punti di forza e debolezza della macchina, le regolazioni ottimali dei vari organi e meccanismi e gli eventuali interventi che si possono eseguire sull'elemento per migliorarne il funzionamento. Alcune delle variabili esaminate risultano più influenti di altre sulla performance di semina; di seguito si riportano in maniera semplificata i principali risultati ottenuti.

• **Diametro dei fori**

Il diametro ottimale dei fori per le colture è stato:

- 3,5 mm per la barbabietola;
- 4,5 mm per il mais FAMOSO;
- 5,5 mm per il mais PR36B08;
- 4,5 mm per la soia.

Con le altre misure testate si osserva un aumento di doppie o fallanze a seconda dei casi. Misure troppo grandi facilitano la suzione di più di un seme, misure troppo piccole esercitano una forza di aspirazione troppo bassa per trattenere il seme. Lo stesso si è verificato con i pallini, dove il diametro ottimale è di 5,5 mm, anche se le doppie con disco da 72 fori risultano elevate.

• **Velocità di semina**

Questa variabile, come ci si attendeva, è quella che influisce maggiormente sulle performance di semina. Alle basse velocità, 4-8 km/h, si ottengono i migliori risultati in qualsiasi condizione in cui si opera. I 12 km/h è ancora una velocità che può essere considerata accettabile, anche se va a condizionare i risultati finali in maniera importante in particolari condizioni, quali alto numero di fori del disco e semi di forma irregolare. Passando a 16 km/h i valori ottenuti sono pessimi e pertanto risulta una velocità improponibile.

La percentuale di doppie è progressiva alla velocità, e a 16 km/h raggiunge valori molto elevati mentre le fallanze incrementano in modo esponenziale.

- **Tipo di seme**

Il tipo di seme, in particolare la forma, influisce moltissimo sul funzionamento della macchina. I migliori risultati si sono avuti infatti con i pallini, anche se con disco da 72 fori le fallanze sono state incisive. Questo è dovuto probabilmente al fatto che 72 fori sono un numero forse troppo alto, e questo è ricaduto anche sulla soia dove si sono avuti i peggiori risultati. Con barbabietola e mais PR36B08 i dati sono stati soddisfacenti, meno per il mais FAMOSO a causa della forma più irregolare rispetto al mais PR36B08. Anche con girasole si sono riscontrati problemi dovuti alle alte percentuali di doppie proprio a causa della forma degli acheni.

- **Posizione del ferretto**

Generalmente questo parametro ha influenzato in maniera non rilevante sulle prove, se non in un caso particolare con il mais. Si può notare un leggero aumento delle fallanze con ferretto in posizione 1 e 4. Il ferretto in posizione 4 ha creato problemi di scorrimento per entrambe le tipologie di mais, tanto da bloccarne il flusso verso il disco. In questo caso si sono osservate elevate incidenze delle fallanze fino alla completa mancata deposizione dei semi.

- **Tipo di selettore**

I due tipi di selettore testati hanno avuto risultati diversi a seconda della coltura e dell'errore considerato, doppia o fallanza. In molti casi è risultato migliore il selettore 2, ovvero quello di vecchia concezione. Se nel caso del mais FAMOSO l'efficacia dei due selettori è indifferente, su mais PR36B08 e girasole il numero di doppie è notevolmente ridotto impiegando il selettore 2. Per quanto riguarda le fallanze in girasole è molto più efficiente il selettore 1; pertanto considerando doppie e fallanze i due selettori si possono considerare equivalenti. Anche su soia si può indicare come migliore il selettore 2 sia per le doppie sia per le fallanze.

- **Posizione del selettore**

I risultati migliori su mais e girasole, testati con disco da 24 fori, si ottengono impiegando il selettore in posizione tra 6 e 7; in questa situazione si ottengono il minor numero di doppie e fallanze per entrambe le colture. Su barbabietola dove è stato

utilizzato un disco da 36 fori la posizione ottimale è vicina al 6. Per la soia, testata con disco da 72 fori, la posizione ottimale del selettore è compresa tra 4 e 5.

- **Livello di depressione**

Anche il livello di depressione è una variabile che influisce molto sulle performance di semina. Nel caso della barbabietola i semi confettati permettono di ottenere buoni risultati in tutte le condizioni, con i migliori risultati con pressioni di 30-40 mbar; inaspettato è l'aumento delle fallanze all'aumentare della pressione. Su mais, considerando i dati aggregati per le due tipologie, lavorando a 60 mbar si può ottimizzare la performance in termini di doppie e fallanze. Per il girasole, la forma degli acheni influisce molto sui risultati finali, una condizione ideale si può considerare con depressione di 50-60 mbar. Per la soia si osserva un netto peggioramento dei risultati, operando con pressioni di 60 mbar si riesce a mantenere al di sotto del 4-5% le doppie.

- **Tipo di azionamento**

Il tipo di azionamento con efficienza maggiore, senza troppe sorprese, si è rivelato essere quello elettrico. Tuttavia la sua influenza è stata pressoché minima in quanto la trasmissione meccanica ha causato un incremento delle fallanze del 2% e del 1% delle doppie. Inoltre c'è da precisare che per quanto riguarda la prima velocità, ovvero 4 km/h, le performance sono migliori nel caso di azionamento meccanico.

Bisogna considerare che i risultati descritti derivano da prove effettuate in laboratorio, ambiente completamente diverso rispetto alle condizioni reali di semina in campo. Bisogna sempre ricordarsi che le macchine che operano in ambito agricolo sono sottoposte a condizioni operative molto gravose. L'ambiente in cui lavorano è caratterizzato da elevata polverosità, umidità e vibrazioni che si ripercuotono su affidabilità e funzionamento della macchina.

Particolarmente importanti sono le vibrazioni che si manifestano durante lo svolgimento del lavoro. Da considerare che generalmente le sollecitazioni aumentano con l'aumentare della velocità di semina e questo può influenzare in maniera diversa la performance di semina della macchina rispetto a quanto osservato in condizioni ottimali di laboratorio.

Allo stesso modo umidità e polvere possono essere un problema per diverse parti meccaniche ed elettriche della seminatrice; in questo ultimo caso da valutare nel caso di trasmissione elettrica per la presenza di un più alto numero di connessioni elettriche.

L'elevata polverosità dell'aria potrebbe essere un problema anche per il sistema di distribuzione. La presenza di impurità nell'aria di aspirazione potrebbero comportare l'ostruzione dei fori del disco di semina e incrementare la comparsa di fallanze.

4.2 Sviluppi futuri

Durante l'esecuzione delle prove della prima serie sono state effettuate delle riprese con la telecamera. Per ogni singola prova sono stati eseguiti due video che riprendono il tubo adduttore: uno di lato e uno frontale. I due filmati permettono di vedere il comportamento dei semi dal momento che si staccano dal disco fino alla loro uscita dal tubo adduttore. Attraverso prossimi studi sarà possibile tracciare la traiettoria che compiono i semi durante la discesa lungo il tubo e valutare gli eventuali rimbalzi che fanno i semi. Comportamenti anomali in questa fase vanno ad influire sulla regolarità di deposizione. Un'analisi di questo tipo permette di apportare le opportune modifiche del tubo adduttore per ottenere i migliori risultati di semina.

Altri test potrebbero essere effettuati per simulare la reale situazione di semina in campo. In particolare sarebbe opportuno allestire il banco prova con un sistema che permetta di simulare le vibrazioni che si manifestano in condizioni reali e valutarne l'influenza sulla qualità dell'operazione svolta.

BIBLIOGRAFIA

AGRICOLTURA NEWS. 2015. *A chi serve elettricità?*

<http://www.agricolturanews.it/a-chi-serve-elettricità/>

AGRICOLTURA NEWS. 2015. *Attrezzature “elettrizzanti”!*

<http://www.agricolturanews.it/attrezzature-elettrizzanti/>

BALDONI R., GIARDINI L. 2000. *Coltivazioni erbacee, Vol. I Cereali e proteaginose*. Bologna: PÀTRON Editore.

BALDONI R., GIARDINI L. 2000. *Coltivazioni erbacee, Vol. II Piante oleifere, da zucchero, da fibra, orticole e aromatiche*. Bologna: PÀTRON Editore.

BATTINI F., CORRADI C., Valli R. 2005. *Coltivazioni erbacee e arboree*. Milano: Edagricole Scolastico – RCS Libri S.p.A.

BELLUCO M. 2013. *Analisi di performance di un elemento di semina di precisione ad azionamento elettrico*. Relatore Marinello F. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.

BERTOCCO M. 2014. *MS 8250 TWIN precisione nella semina binata del mais*. *MAD Macchine Agricole Domani*, n. 9, Anno 11, pp. 47-50. Verona: Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l.

BETA SCARL. 2015. *Guida alla coltivazione della barbabietola da zucchero*. <http://www.betaitalia.it/uploadedfiles/guide/guidaallacoltivazione.pdf>

BODRIA L., PELLIZZI G. e PICCAROLO P. 2006. *Meccanica agraria, Vol. I Il trattore e le macchine operatrici*. Bologna: Edagricole – Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE S.p.a.

KVERNELAND. 2015. <http://www.kvernelanditalia.it/>

MATERMACC. 2015. <http://www.matermacc.it/>

MONOSEM. 2015. <http://www.monosem.com/>

RUFFATO D. 2015. *Analisi di performance di un elemento di semina di precisione ad azionamento meccanico ed elettrico*. Relatore Marinello F. Correlatori Sartori L., Pezzuolo A. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.

SCAPIN E. 2015. *Analisi di un elemento di semina di precisione ad azionamento meccanico ed elettrico*. Relatore Marinello F. Correlatori Sartori L., Gasparini F., Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il relatore di questo lavoro, il prof. Francesco Marinello per la professionalità con cui svolge il suo lavoro e la disponibilità e pazienza con cui mi ha seguito.

Ringrazio anche il dott. Franco Gasparini e Roberto, tecnico del laboratorio di meccanica dove sono state svolte le prove, per la grande passione che mettono nel loro lavoro e la loro conoscenza ed esperienza da cui c'è molto da imparare.

Un grazie va a tutti gli amici conosciuti durante questa bellissima avventura, iniziata ben cinque anni fa anche se sembra solo ieri. In particolare un enorme ringraziamento ai "Selvaggi", ad Andrea e Alessandra con cui ho passato le lunghe giornate di "studio" in Agripolis, soprattutto in questo ultimo anno.

Un particolare ringraziamento alla mia famiglia, mamma, papà, Maila e Giada per avermi supportato e sopportato durante questo percorso.

Infine un ringraziamento a tutti coloro che non ho citato ma che mi sono stati vicini e mi hanno permesso di arrivare fino a qui.