

PS-GO “VARITOSCAN-Clima  
sottomisura 1.2 Cup Artea 833319

# Tecniche colturali e selezione varietale di mais per l'ambiente Toscano





Il Gruppo Operativo (PS-GO) Varitoscan è un progetto finanziato nel 2017 dal PSR della Regione Toscana 2014-2020, con durata di 36 mesi, che ha avuto come obiettivo principale quello di individuare e fornire agli agricoltori toscani colture agrarie adatte ad essere introdotte nella rotazione agricola come specie da rinnovo in sistemi agronomici a basso input energetico. Sono stati scelti il mais (*Zea mays*) e il miglio (*Panicum miliaceum*) come specie target del progetto, soprattutto per la loro tolleranza allo stress termico, l'alta efficienza fotosintetica in quanto piante C4, e perché la trasformazione dei loro prodotti è una valida alternativa per i soggetti intolleranti al glutine, fenomeno purtroppo, in rapida crescita negli ultimi anni. Tali colture sono state selezionate per garantire una buona produttività e migliori caratteristiche qualitative, un reddito adeguato agli agricoltori, un buon adattamento ai diversi ambienti di coltivazione e ad una conduzione agronomica più sostenibile. Un ulteriore obiettivo del progetto è stato quello di fornire, assieme a varietà migliori, indicazioni circa le migliori tecniche di gestione del sovescio, per massimizzare l'apporto di sostanza organica nel terreno, in preparazione alla coltivazione proprio delle colture da rinnovo.

## IL CONTESTO ATTUALE DEL PROGETTO

Attualmente, il consumo di cereali supporta ben il 50% dell'apporto calorico totale mondiale, in gran parte fornito dalle sole coltivazioni di grano, riso e mais. Allo stesso tempo, il cambiamento climatico in corso sta accelerando i fenomeni di degrado del suolo e desertificazione, ed eventi climatici estremi sempre più frequenti (come siccità, ondate di calore, alluvioni, ecc.) causano alle principali colture cerealicole, rese più basse o l'impossibilità di completare il proprio ciclo di crescita.



## Il mais

Alcuni recenti studi hanno dimostrato che la relazione tra le variabili climatiche osservate e le rese produttive è sempre più forte, confermando, se mai ce ne fosse ancora bisogno, che il riscaldamento globale previsto in futuro comporterà gravi ripercussioni sul settore agricolo. Gli scienziati stimano, inoltre, che gli impatti dei cambiamenti climatici aumenteranno le superfici aride del 10% circa entro la fine del secolo, esacerbando, a causa di aumenti nella carenza di cibo e carestie globali, la domanda alimentare, soprattutto in quei paesi in via di sviluppo, dove le popolazioni locali soffrono tutt'ora di malnutrizione. Questo è molto preoccupante se si considera che le superfici aride ricoprono ben il 46.2% dell'area occupata dalle terre emerse ed ospitano 3 miliardi di persone (38.2% della popolazione globale).

In vista degli scenari attuali e futuri, una strategia efficace è quella di individuare cereali che si adattino agli ambienti di coltivazione, focalizzando l'attenzione su colture clima-resilienti che garantiscano, attraverso un efficiente utilizzo delle risorse naturali, elevato valore produttivo e nutritivo. All'interno della famiglia delle *Poaceae*, il miglio e il mais sono conosciuti per possedere tratti morfo-fisiologici e meccanismi molecolari e biochimici (entrambe sono piante C4) che conferiscono una maggiore tolleranza a stress abiotici e una più ampia adattabilità a diverse condizioni ambientali rispetto alle principali colture cerealicole. In questo contesto è stato deciso di lavorare sulla selezione e valutazione di germoplasmi di miglio e mais, e individuare popolazioni migliorate di queste colture che si adattino alla coltivazione in diversi ambienti della Toscana.

## Il mais



### IL MAIS: CARATTERISTICHE BOTANICHE

Il mais (*Zea mays*) è il terzo cereale in ordine di superficie coltivata, dopo riso e frumento, mentre è al primo posto per quanto riguarda la produzione unitaria ed è anche il maggiore alimento utilizzato per l'alimentazione animale. È una specie originaria dell'America, dell'area che corrisponde all'attuale Messico, dove ancora oggi si ritrova il Teosinte (*Euchlana mexicana*,  $2n = 20$ ), la pianta da cui si ritiene che abbia avuto origine.

Base alimentare tradizionale delle popolazioni dell'America Latina, nelle regioni temperate è principalmente destinato all'alimentazione degli animali domestici, sotto forma di granella, farine o altri mangimi, oppure come insilato, generalmente raccolto alla maturazione cerosa; è inoltre destinato a trasformazioni industriali per l'estrazione di amido e olio oppure alla fermentazione, allo scopo di produrre per distillazione bevande alcoliche o bioetanolo a scopi energetici.

L'**apparato radicale** è tipico delle graminacee, fascicolato e superficiale, ma in buone condizioni pedologiche, riesce ad arrivare a 2,4 m di larghezza e 1,8 m di profondità. Si possono individuare 3 ordini radicali, le radici primarie, che finiscono la loro funzione con gli stadi seminali, le radici secondarie, che si formano 3-4 giorni dopo l'emergenza sotto la superficie del terreno e svolgono la funzione di apparato radicale per tutto il ciclo della pianta, e le radici aeree, originate dai primi 2-3 nodi fuori dal terreno, con funzione soprattutto di ancoraggio. Queste sono considerate negative, perché comportano una spesa di energia per la loro formazione, ma anche positive perché aumentano la resistenza alla stroncatura; comunque, la loro formazione è stimolata da operazioni di rincalzatura del terreno.



## Il mais

Il **culmo** prende il nome di stocco ed ha un'altezza che può arrivare anche ai 3 m (Fig.1). L'altezza dipende dal numero di nodi, determinato geneticamente e dalla lunghezza degli internodi, influenzata dall'ambiente. Ha un colore esterno verde o con macchie rosse, mentre internamente presenta un tessuto spugnoso che trattiene molta acqua. Normalmente il mais non accetisce, al contrario del teosinte, ed è questo un carattere ricercato con la selezione, per avere piante più vigorose.

Le **foglie** sono alterne, una per nodo, molto grandi, larghe e lunghe, con la parte iniziale eretta che poi ricade, anche se oggi i nuovi ibridi hanno foglie completamente erette; sono in numero di 8-10 nelle varietà precoci e 22-24 nelle tardive e sono costituite da una guaina che abbraccia completamente l'internodo, una lamina, di forma lanceolata, parallelinervia e con nervatura mediana più grossa ed una ligula posta tra guaina e lembo.

Il mais è una pianta monoica e declina in quanto i fiori di entrambi i sessi si ritrovano sulla stessa pianta in posizione diversa ed è anche proterandra, cioè i fiori maschili maturano prima di quelli femminili.

**L'infiorescenza maschile**, chiamato anche pennacchio, si trova all'apice dello stelo ed è costituito da più spighe che portano un numero variabile di spighette, riunite a coppie; queste presentano glume e portano 2 fiori con 3 antere. L'impollinazione è anemofila. **L'infiorescenza femminile** è uno spadice, chiamata normalmente spiga o pannocchia, composta da un asse centrale detto tutolo con una gemma apicale all'estremità e una serie di nodi molto ravvicinati, che portano foglie modificate o brattee che ricoprono l'infiorescenza, sul quale si inseriscono un numero variabile di file di spighette sessili, riunite in coppie, che portano ciascuna due fiori (di cui uno sterile). Nella spiga sono visibili i ranghi, cioè file verticali continue di cariossidi (16-26 per spiga nelle

## Il mais



attuali varietà); per ogni rango si hanno anche 50 cariossidi con un totale di circa 1000 cariossidi per spiga. Il fiore femminile è costituito da un ovario uniloculare, con stigma filiforme, che esce dalle brattee al momento della fecondazione, formando la cosiddetta seta. La cariosside è un frutto indeiscente, con il seme racchiuso nel pericarpo e costituito dall'embrione, endosperma e dallo strato aleuronico; l'embrione è costituito dalla piumetta, radichetta e scutello, mentre l'endosperma è costituito da granuli di amido (attraverso i quali ci si basa per la classificazione). La cariosside è composta dal 72% da amido, proteine al 10%, olio al 4,8%, fibre all'8,5%, altri zuccheri al 3% e ceneri all'1,7%; può pesare dai 50 ai 1200 mg.



*Fig. 1 Piante di mais in fioritura*



# Il mais

## IL MAIS: ESIGENZE PEDOCCLIMATICHE

Grazie all' ampia gamma di varietà e ibridi presenti in commercio e per l'accentuato polimorfismo, il mais si può adattare alla coltivazione in diversi areali e a diverse condizioni ambientali. Importante è considerare la durata del ciclo della pianta, per questo le vecchie varietà vengono divise in "Mais tardivi" con ciclo di 145-150 giorni e "Mais precoci" con ciclo di 75 giorni, mentre gli ibridi moderni seguono la classificazione FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), che individua 8 classi di precocità da 100 a 800 con variazioni di 5 giorni tra una e l'altra:

100	Non utilizzati in Italia	
200	86 – 95 giorni	Precocissimi
300	96 – 105 giorni	Precoci
400	106 – 116 giorni	Medio-precoci
500	116 – 120 giorni	Medi
600	121 – 131 giorni	Medio-tardivi
700	132 – 140 giorni	Tardivi
800	Non utilizzati in Italia	

**Temperatura** - La temperatura ottimale è di 24°-30°C, in funzione della disponibilità idrica e dello stadio vegetativo, con esigenze maggiori nel periodo della fioritura-allegagione, mentre le temperature alte, sopra i 32°-33°C sono dannose, come quelle minori di 10°C, sotto le quali la pianta non cresce. A 17°-18°C abbiamo una crescita apprezzabile e se minore di 15°C abbiamo sofferenza da freddo, mentre a 8°-9°C crescita quasi nulla ed a -2°,3C morte della pianta. I danni da freddo si riflettono su una riduzione della fotosintesi e del trasporto dell'acqua,

# Il mais



difficoltà di assorbimento e carenza di fosforo, intossicazione per accumulo di ione ammonio, riduzione della crescita delle foglie e del seme.

**Radiazione solare** - ha elevate esigenze di luce (circa 60.000 lux) in quanto pianta C4, ma si adatta bene anche a condizioni di luce minori come quelle tipiche dei nostri contesti di coltivazione. Comunque, a causa dell'ombreggiamento sulle foglie più basse, la luce è un fattore limitante della potenzialità produttiva; infatti, si cerca, con la selezione di avere piante con foglie a portamento eretto e dobbiamo anche fare attenzione alla densità di semina. Per quanto riguarda il fotoperiodo, mentre le vecchie varietà erano brevidiurne, oggi si hanno varietà normalmente neutrodiurne.

**Esigenze idriche** - le esigenze di acqua sono elevate anche in considerazione del fatto che il ciclo si svolge in un periodo siccitoso, con la fase critica, rappresentata dalla fioritura, proprio nel mese di luglio, quando si hanno basse precipitazioni. Dannoso è comunque anche il ristagno idrico.

**Suolo** - importante è la presenza di azoto, sotto forma di sostanza organica umificata, anche se comunque, nella maggioranza dei casi è insufficiente per le esigenze del mais. È tollerante a salinità e pH, mentre risulta difficile la coltivazione in terreni troppo compatti.

## Il Mais: ibridi, germoplasma e selezione applicata nel progetto

In Italia, a partire dal 1950, le vecchie popolazioni eterogenee di mais che rappresentavano i vecchi ecotipi locali tradizionali di molte aree rurali hanno pian piano lasciato il posto alle nuove varietà ibride importate dagli Stati Uniti d'America, tanto che agli inizi degli anni '70 nelle zone vocate si allevavano solo questi ultimi. Tali varietà, basate sul fenomeno dell'eterosi che porta al cosiddetto "vigore



## Il mais

dell'ibrido" hanno permesso la diffusione di un'agricoltura intensiva basata su elevati input energetici e con elevate rese, in cui l'agricoltore doveva modificare l'ambiente di coltivazione a favore delle necessità dell'ibrido scelto. Oggi a causa dei cambiamenti climatici e delle problematiche ambientali che richiedono sempre più l'adozione di pratiche agronomiche sostenibili si sta assistendo al recupero del concetto di varietà eterogenee, o meglio di popolazioni caratterizzate da ampia variabilità genetica, che si adattino agli ambienti di coltivazioni, ad un'agricoltura low input e siano il più possibile resilienti con gli stress abiotici dovuti in buona parte ai cambiamenti climatici in atto. In tal senso nell'ambito del progetto Go-Varitoscan è stata effettuata una valutazione di una collezione di germoplasma di vecchie varietà di mais sia del germoplasma tradizionale toscano che provenienti da alcune aree del nord Italia. L'obiettivo è stato quello di individuare delle varietà che si adattino ai diversi ambienti di coltivazione toscani per poi attraverso analisi genetiche mirate impostare le basi per futuri programmi di miglioramento specifici.

Basandosi sulla classificazione delle varietà di mais su base qualitativa ossia in funzione della composizione in amido e in zuccheri della granella e della destinazione di uso, si possono individuare i seguenti gruppi:

- *Zea mays* sub-sp. *everta*: mais popcorn. Raggruppa tipi primitivi, con piante prolifiche e accestite, portanti spighe piccole e numerose. Le cariossidi sono molto piccole (1.000 pesano 100 grammi e meno), hanno endosperma completamente vitreo, traslucido, molto proteico e se riscaldate «scoppiano» aumentando assai di volume e formando una massa bianca e porosa (pop-corn).
- *Zea mays* sub-sp. *indurata*: mais vitreo o plata («flint corn»).

## Il mais



Cariossidi tondeggianti, con endosperma farinoso all'interno e vitreo (semitrasparente) tutt'intorno. Moltissimi mais europei di antica introduzione appartengono a questo tipo. Questo mais è preferito nell'alimentazione umana e in avicoltura («Plata»).

- *Zea mays* sub-sp. *indentata*: mais a dente di cavallo («dent corn»). Granello ad endosperma corneo ai lati e per il resto farinoso fino alla corona per cui con l'avanzare della maturazione la parte farinosa diminuisce di volume e la corona viene a presentare un'infossatura simile a quella di un dente di cavallo. Questa forma di mais è ormai la più diffusa (circa 90% del mais coltivato), uso zootecnico.

- *Zea mays* sub-sp. *saccharata*: mais zuccherino («sweet corn»). L'endosperma contiene poco amido e molti carboidrati solubili. Le spighe raccolte alla maturazione latteo-cerosa costituiscono un ortaggio apprezzato da consumare fresco o inscatolato. A maturità la granella diventa grinzosa.

- *Zea mays* sub-sp. *amylacea*: mais amilosico («soft corn»). Deriva da mutazioni che inducono modificazioni nella costituzione dell'amido (prevalenza di amilosio rispetto all'amilopectina).

- *Zea mays* sub-sp. *ceratina*: mais cereo («waxy corn»). Comprende forme caratterizzate dalla mutazione «waxy» (wx), che induce formazione di amido composto esclusivamente di amilopectina e per questo fatto apprezzato dall'industria dell'amido.

Nel progetto sono state prese in considerazione 24 accessioni di *Zea mays* sub-sp. *Indurata* (Fig2), provenienti dalla banca del germoplasma regionale (<http://germoplasma.regione.toscana.it>) e dall'Unità di Ricerca per la Maiscoltura (CRA-MAC) di Bergamo. Tali varietà elencate nella tabella sottostante sono state valutate in campo e sono state poi oggetto di analisi genetiche per caratterizzarne la variabilità.



# Il mais

Accessione	Provenienza
Formenton Ottofile (della Garfagnana e Media Valle del Serchio)	Barga (LU), Borgo a Mozzano (LU), Camporgiano (LU), Careggine (LU), Castelnuovo di Garfagnana (LU), Castiglione di Garfagnana (LU), Coreglia Antelminelli (LU), Fabbriche di Vallico (LU), Fosciandora (LU), Galliciano (LU), Giuncugnano (LU), Minucciano (LU), Molazzana (LU), Piazza al Serchio (LU), Pieve Fosciana (LU), San Romano in Garfagnana (LU), Sillano (LU), Vagli Sotto (LU), Vergemoli (LU), Villa Collemandina (LU)
Granturco Maggese	Camporgiano (LU), Careggine (LU), Castelnuovo di Garfagnana (LU), Castiglione di Garfagnana (LU), Fabbriche di Vallico (LU), Fosciandora (LU), Galliciano (LU), Giuncugnano (LU), Minucciano (LU), Molazzana (LU), Piazza al Serchio (LU), Pieve Fosciana (LU), San Romano in Garfagnana (LU), Sillano (LU), Vagli Sotto (LU), Vergemoli (LU), Villa Collemandina (LU)
Granturco Marranino Giallo di Caprese Michelangelo	Anghiari (AR), Badia Tedalda (AR), Caprese Michelangelo (AR), Monterchi (AR), Pieve Santo Stefano (AR), Sansepolcro (AR), Sestino (AR)
Granturco Marranino Rosso Caprese Michelangelo	Anghiari (AR), Badia Tedalda (AR), Caprese Michelangelo (AR), Monterchi (AR), Pieve Santo Stefano (AR), Sansepolcro (AR), Sestino (AR)
Granturco nano di Verni	Camporgiano (LU), Careggine (LU), Castelnuovo di Garfagnana (LU), Castiglione di Garfagnana (LU), Fosciandora (LU), Galliciano (LU), Giuncugnano (LU), Minucciano (LU), Molazzana (LU), Piazza al Serchio (LU), Pieve Fosciana (LU), San Romano in Garfagnana (LU), Sillano (LU), Vagli Sotto (LU), Vergemoli (LU), Villa Collemandina (LU)
Granturco Quarantino di Anghiari	Anghiari (AR), Badia Tedalda (AR), Caprese Michelangelo (AR), Monterchi (AR), Pieve Santo Stefano (AR), Sansepolcro (AR), Sestino (AR)
Granturco Trentolino	Forte dei Marmi (LU), Pietrasanta (LU), Seravezza (LU), Stazzema (LU)
Granturco Nostrato Ecotipo Palazzaccio	Camporgiano (LU), Careggine (LU), Castelnuovo di Garfagnana (LU), Castiglione di Garfagnana (LU), Fosciandora (LU), Galliciano (LU), Giuncugnano (LU), Minucciano (LU), Molazzana (LU), Piazza al Serchio (LU), Pieve Fosciana (LU), San Romano in Garfagnana (LU), Sillano (LU), Vagli Sotto (LU), Vergemoli (LU), Villa Collemandina (LU)
Mais di Pitigliano	Pitigliano (GR), Sorano (GR)
Mais Ecotipo Orecchiella	Barga (LU), Borgo a Mozzano (LU), Camporgiano (LU), Careggine (LU), Castelnuovo di Garfagnana (LU), Castiglione di Garfagnana (LU), Coreglia Antelminelli (LU), Fabbriche di Vallico (LU), Fosciandora (LU), Galliciano (LU), Giuncugnano (LU), Minucciano (LU), Molazzana (LU), Piazza al Serchio (LU), Pieve Fosciana (LU), San Romano in Garfagnana (LU), Sillano (LU), Vagli Sotto (LU), Vergemoli (LU), Villa Collemandina (LU)
Mais Quarantino di Frassineto	Anghiari (AR), Badia Tedalda (AR), Caprese Michelangelo (AR), Monterchi (AR), Pieve Santo Stefano (AR), Sansepolcro (AR), Sestino (AR)
Mais Quarantino di Monteviale	Badia Tedalda (AR)

# Il mais



Mais Quarantino di Sansepolcro	Anghiari (AR), Badia Tedalda (AR), Caprese Michelangelo (AR), Monterchi (AR), Pieve Santo Stefano (AR), Sansepolcro (AR), Sestino (AR)
Fiorentino	Veneto
Scagliolo frassine	Veneto
Bianco nostrano	Veneto
Marano	Veneto
Nostrano dell'Isola	Veneto
Pignolino nostrano	Veneto
Cinquantino Bianchi	Veneto
Scagliolo locale rostrato	Trentino
Cinquantino 2° raccolto	Lombardia
Rostrato rosso	Lombardia
Nero spinusa Valle Camonica	Lombardia
Spinato	Lombardia

**Tabella 1:** Identificativo e provenienza delle accessioni del germoplasma di mais testato



**Fig 2:** Alcune esempi di semente di mais utilizzato nel progetto

La prova sperimentale di campo eseguita allo scopo di testare le



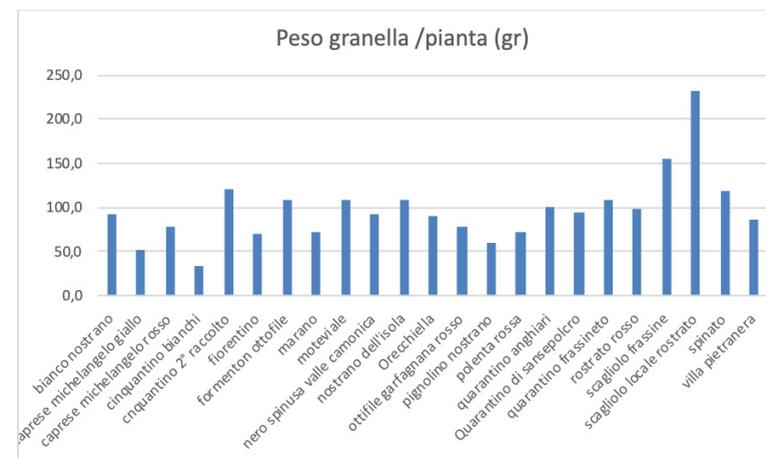
# Il mais

performance produttive e per la stima della variabilità genetica di mais è stata condotta negli anni del progetto presso l'azienda agricola 'Tenuta di Cesa', azienda sperimentale della Regione Toscana, situata nell'omonima frazione del Comune di Marciano della Chiana, in provincia di Arezzo. Nei due anni di prove gli appezzamenti selezionati sono stati coltivati nella stagione precedente con una specie depauperante, il grano, che sfrutta il terreno lasciando un deficit per quanto riguarda le sostanze nutritive ed una minor fertilità del terreno stesso. La lavorazione principale è stata un'aratura effettuata durante il periodo estivo, ed il letto di semina è stato preparato durante il periodo autunnale utilizzando un erpice a dischi lavorando ad una profondità di 20-25 cm e in seguito, una seconda lavorazione con erpice a denti, a 6-8 cm di profondità, effettuata prima della semina. La fertilizzazione è stata effettuata al momento di semina fornendo 150 kg/ha di NPK (10-10-10). Lo schema sperimentale ha previsto la realizzazione di parcelle dimensioni di circa 2 m X 3.20 m con una distanza sulle file di 80 cm e una distanza tra le piante sulla stessa fila di 20 cm, raggiungendo così una densità di circa 6 piante mq. Al momento della raccolta sono stati poi rilevati i seguenti parametri morfologici e produttivi: altezza della pianta, resa in granella media per pianta, biomassa aerea e peso di 1000 semi. Questi parametri sono stati poi analizzati a livello statistico ed è stato possibile individuare alcune varietà che negli anni di coltivazione del progetto hanno evidenziato delle buone performance produttive e adattamento alle condizioni di coltivazione testate. In figura 3 e 4 è riportato le medie produttive e la biomassa prodotta per pianta delle diverse accessioni e come si vede alcune varietà provenienti da Bergamo si sono ben adattate alle condizioni toscane. Il peso della granella prodotta ha evidenziato un ampio range di variazione. Tale parametro infatti dipende molto

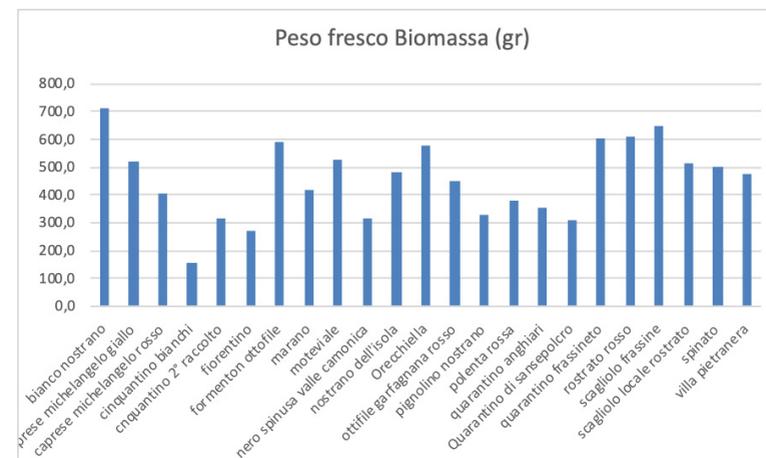
# Il mais



delle differenze e adattamento varietale. Il peso fresco della biomassa prodotta per pianta varia invece da circa 150 g ai 700 g della varietà Bianco Nostrano.



**Fig 3:** Peso medio della granella per pianta per ogni accessione



**Fig 4** peso medio biomassa fresca per pianta per ogni accessione



## Il mais

Le varietà testate sono poi state moltiplicate in purezza per produrre semente per future attività di breeding. Per ogni accessione alla fioritura sono stati installati appositi teli a coprire 5 piante della stessa fila (Fig.5), per effettuare l'impollinazione incrociata entro accessione, così da conservare la variabilità genetica dell'accessione e moltiplicarne il seme in purezza (Fig. 6).



**Fig 5:** Tunnel per autoimpollinazione mais (Cesa AR,2020)



**Fig 6:** Pannocchie raccolte dalle impollinazioni incrociate entro varietà.

## Il mais



### Il Mais: Tecniche colturali classiche e adozione di pratiche sostenibili per migliorare la fertilità del suolo

**Preparazione del terreno.** Il terreno per la coltivazione del mais deve essere in grado di trattenere grandi riserve di acqua, riscaldarsi facilmente, avere un profilo colturale omogeneo, un buon contenuto in sostanza organica e l'assenza di "suole" superficiali o profonde. Quanto sopra si può realizzare con tecniche tradizionali o con lavorazioni minime. Le arature tradizionali, effettuate a fine estate o comunque entro l'autunno, permettono una più facile penetrazione dell'acqua nel terreno, ne promuovono la strutturazione e permettono l'incorporazione dei residui colturali e dei fertilizzanti. L'aratura effettuata tra la fine dell'inverno o meglio appena prima della semina, consente invece di attuare delle colture a raccolta primaverile precoce o dei sovesci. Le lavorazioni superficiali in preparazione del letto di semina possono cambiare in base al tipo di terreno e all'epoca dell'aratura che le precede. Di solito in condizioni favorevoli con terreni poco argillosi e sciolti basta un semplice passaggio di erpice, in condizioni meno vantaggiose è necessario invece il passaggio con erpici a disco e poi con altri a rotazione verticale e infine con pareggiatori. Negli ultimi anni l'adozione della minima lavorazione (10-15 cm) o zero tillage si sta diffondendo anche in molte aree del comparto maidicolo italiano per cercare di limitare i costi colturali e mantenere una buona struttura del terreno. Tale tecnica si basa di solito sulla sostituzione dell'aratura con una scarificazione profonda, seguita da un erpice rotativo associato (spesso viene effettuata direttamente l'erpicazione senza scarificazione) e poi da una semina di precisione. Si può quindi effettuare direttamente su terreno o su prato dopo aver eliminato la vegetazione superficiale con mezzi meccanici o chimici. Non lavorazione o minima lavorazione



## Il mais

consentono risultati favorevoli nei terreni in grado di auto strutturarsi, mentre nei terreni sabbiosi e limosi le tecniche tradizionali risultano ancora le più valide.

**Scelta della varietà.** La scelta della varietà ibrida da adottare viene normalmente effettuata in base alla durata del ciclo colturale, seguendo la classificazione FAO. Nella scelta varietale si deve considerare anche l'areale di coltivazione, sono soprattutto il suo l'aspetto pedologico e climatico a decidere la varietà migliore oltre che a caratteristiche qualitative della granella ai fini commerciali. Si possono quindi fare alcune considerazioni nella scelta varietale:

-Dove l'acqua non è limitante e le lavorazioni possono anche essere tardive, si scelgono varietà tardive.

-In suoli argillosi e con poca disponibilità di acqua, sono preferibili varietà precoci.

-Per produzioni di mais ceroso, si scelgono ibridi più tardivi.

-Per colture di secondo raccolto si devono utilizzare varietà precoci.

Inoltre, indipendentemente dalle classi FAO e dalle condizioni pedoclimatiche, la varietà da prediligere deve avere:

-portamento delle foglie ed adattamento a densità elevate

-resistenza all'allettamento o stroncamento

-tolleranza a malattie e stress idrici

-bassa inserzione della spiga per ridurre la sensibilità allo stroncamento

-capacità di mantenersi verde più a lungo possibile

-perdita veloce di umidità nella granella

-alto tenore in amido (amilosio e amilopectine), con vitrosità dell'endosperma

-elevato contenuto in proteine e olio

## Il mais



**La semina.** La semina varia da metà aprile a metà maggio, a seconda degli areali di coltivazione, quando la temperatura alla profondità di semina è superiore ai 12°C. Più è possibile anticipare la semina meglio è per la resa finale in quanto anticipandola, la fioritura di solito avviene prima di luglio, permettendo così di evitare temperature troppo elevate che causano spesso problemi di sterilità. E' necessario però fare attenzione anche ad una semina troppo precoce in quanto si potrebbero avere danni da freddo, o far coincidere l'inizio della maturazione dei semi con periodi ancora molto piovosi.

Considerando il Nord e Centro Nord Italia possiamo individuare tre epoche di semina possibili:

-da metà marzo a fine aprile con ibridi di classe 600 per la granella e 700 per il trinciato

- prima metà e fine di maggio per produzioni di trinciato integrale, dopo la raccolta di erbai autunno-vernini o la raccolta di frumento o orzo, con ibridi di classe 600.

-raramente a fine giugno solo per trinciato e con ibridi di classe 300

La semina si effettua con seminatrici pneumatiche di precisione, con confezioni di 100.000 semi standardizzati (le confezioni(dosi) riportano il numero di semi contenuto, ma non il peso) ed uniformi per evitare ostruzioni delle macchine e germinazioni non omogenee. Per la densità di impianto, per le vecchie varietà, poco resistenti allo stroncamento e allettamento non si superavano le 30.000 piante/ha. Dopo l'introduzione degli ibridi e l'aumento della resistenza delle piante si sono incrementate via via le densità e attualmente, le medie consigliate in Italia per le diverse classi di maturità ed epoche di semina variano dalle 4 alle 7 piante al mq con una distanza tra le piante che varia dai 25 ai 15 cm e tra le file che varia tra i 0.7 e



## Il mais

0.8 m. Il numero di semi da porre a dimora deve essere superiore di circa una unità per metro quadro per tener conto della germinabilità, che non è mai del 100%. La profondità di semina è di 2-4 cm, anche 5; si può arrivare anche a 8-10 in terreni secchi in superficie, anche se viene rallentata leggermente l'emergenza, o a 2 cm in suoli umidi. Comunque, più aumenta la densità e più aumenta la competizione con conseguenza di cariocidi più piccole e piante morfologicamente più meno vigorose. Nel caso di semine su sodo è necessario disporre di apposite seminatrici in grado di tagliare il terreno, deporre il seme e coprirlo con la terra. La quantità di semente per ettaro dipende, oltre che dalla densità adottata, dal calibro della stessa.

**Concimazione.** Essendo il cereale con maggiori rese ad ettaro, in condizioni pedo-climatiche ottimali, presenta valori di asportazioni degli elementi nutritivi mediamente elevate. Le asportazioni in kg/ha sono di 205 kg di azoto, 88 di fosforo e 200 di potassio, per cui non sono molto elevate, ma bisogna considerare che l'apparato radicale è abbastanza superficiale (max assorbimento a 40 cm) e che le esigenze sono molto elevate nel periodo della levata-inizio maturazione. Per quanto riguarda i singoli elementi:

-Azoto – con una buona preparazione del terreno, le dosi di azoto, si aggirano intorno alle 200-250 unità ad ettaro, con frazionamento in presemina e copertura, con quantità maggiori in questa seconda fase.

-Fosforo – può essere effettuata una concimazione localizzata con 70-90 kg/ha o a pieno campo con 90-120 kg. In caso di terreni ben dotati, si può ridurre la dose, ma non eliminarla, per le positive azioni che svolge soprattutto nelle prime fasi di crescita.

-Potassio – sono consigliati apporti solo in terreni poco dotati, con

## Il mais



soglia di sufficienza più alta rispetto agli altri cereali, per l'azione positiva svolta da questo elemento nell'aumentare la resistenza all'allettamento. Tra i microelementi importante è considerare lo zinco, in quanto può presentarsi carenza ed è utile intervenire con solfato di zinco.

**Le infestanti.** Le erbe infestanti rappresentano un problema soprattutto per le prime fasi di crescita delle piante. Prima della comparsa degli erbicidi chimici le malerbe venivano controllate con operazioni di sarchiatura e rincalzatura. La sarchiatura veniva realizzata in parte meccanicamente nell'interfila e in parte a mano lungo la fila; la rincalzatura veniva fatta prima della levata, apportando terreno intorno al culmo centrale, favoriva l'accrescimento dell'apparato radicale avventizio aereo e consentiva una maggior resistenza all'allettamento. Attualmente, le due pratiche risultano poco utilizzate anche se in un contesto di gestione sostenibile della coltura risulta necessario un recupero della sarchiatura in modo da evitare l'utilizzo di composti chimici e i loro effetti sull'ambiente. L'epoca ottimale per effettuare la sarchiatura è la quinta-sesta foglia, mentre per la rincalzatura è l'inizio della levata e prima che il mais "chiuda". Entrambe le operazioni, eliminando la crosta superficiale e il costipamento del suolo, fanno diminuire le perdite di acqua per evaporazione (pratica di aridocoltura) e fanno aumentare la temperatura del terreno con conseguente migliore mineralizzazione della sostanza organica e maggiore sviluppo dell'apparato radicale. Il diserbo chimico del mais si basa ancora prevalentemente su trattamenti in pre-emergenza, con l'uso di prodotti contro le graminacee o le dicotiledoni, o in alcuni casi, di prodotti più specifici. A seconda del comportamento di tali prodotti e dalle condizioni climatiche, può essere o meno utile intervenire in post-



## Il mais

emergenza (allo stadio di 5-6 foglie) con prodotti prevalentemente sistemici, come gli ormonici, per agire sia sulle infestanti annuali che perenni. Per quanto riguarda invece i trattamenti in pre-semina, oggi poco utilizzati, venivano utilizzati prodotti chimici poco selettivi, ma si aveva persistenza nel suolo, con effetti residui sul mais. Comunque, gli erbicidi sono più usati in post-semina e post-emergenza, quando, fra l'altro, si individua l'infestante contro cui eseguire il trattamento, risparmiando per i costi, inquinamento ed impatto sull'ambiente.

Le infestanti tipiche del mais sono: *Sorghum halepense*, *Panicum capillare*, *Setaria viridis*, *Digitaria sanguinalis*, *Polygonum lapathifolium*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Convolvulus arvensis*, *Portulaca oleracea*

Si può anche utilizzare la falsa semina, facendo le lavorazioni per la coltura senza seminare in modo da far germinare le infestanti, poi si effettua una sarchiatura e si semina il mais che trova condizioni più favorevoli.

**La raccolta.** L'epoca di raccolta del mais dipende dall'utilizzo che ne viene fatto (granella o trinciato) Circa dopo 60-70 giorni dalla fioritura, i processi di accumulo delle sostanze di riserva nella granella cessano. Tale stadio, detto di maturazione fisiologica, segna l'inizio della fase di perdita di umidità necessaria per la raccolta della granella. Affinché la granella possa essere raccolta deve perdere umidità passando dal 30-35% fino al 25-28%. Spesso, per perdere 5-6 punti di umidità occorrono 10-12 giorni (mezzo punto per giorno), mentre successivamente, per arrivare a umidità più ridotte, cioè del 22-23%, sono necessari, in condizioni stagionali medie, 20 o più giorni. Dalla maturazione fisiologica al momento della raccolta si lasciano intercorrere circa

## Il mais



35-40 giorni per la perdita di umidità della granella. Ciò costituisce un rischio sia per le produzioni sia per la qualità delle stesse. Quindi per decidere il momento giusto della raccolta è opportuno trovare un compromesso tra i maggiori oneri di essiccazione e la garanzia di produrre senza problemi fungini. L'interesse è che la granella perda umidità con la pianta in piedi, in condizioni più ottimali possibili per evitare costi di essiccazione alti, ma al limite di evitare altri inconvenienti i che si verificano con una raccolta tardiva come allettamento, attacco di parassiti e funghi. Per una corretta conservazione nei sili non condizionati e prevenire fermentazioni e ammuffimenti, l'umidità dovrebbe essere intorno al 13%.

**Avvicendamento culturale.** Il mais è una coltura da rinnovo a semina primaverile tardiva, che riceve lavorazioni profonde e abbondanti concimazioni, lasciando il terreno ricco di residui culturali. Negli avvicendamenti tradizionali, di solito precede il grano, al quale lascia una notevole fertilità residua nel terreno, e segue i prati o colture miglioratrici, delle quali è il migliore utilizzatore dei miglioramenti chimico-fisici apportati.

### Il SOVESCIO e i risultati delle prove condotte sulla sua gestione nel progetto

Oltre ad individuare varietà resilienti ai cambiamenti climatici e adattate alle condizioni pedoclimatiche di un certo areale di coltivazione, il progetto Varitoscan si è posto anche l'obiettivo di diffondere un'agricoltura orientata al mantenimento e ripristino della naturale fertilità del suolo. L'obiettivo potrebbe essere perseguito utilizzando le colture cover crops. Le funzioni che queste possono svolgere nel



## Il mais

suolo variano in funzione delle specie che si decide di utilizzare. Una delle funzioni principali è rappresentata dalla protezione dall'erosione in quanto scegliendo specie a notevole produzione di biomassa come segale, avena e orzo proteggono il terreno dagli agenti erosivi, acqua e vento. Per l'arricchimento di nutrienti occorre scegliere le leguminose che grazie alla simbiosi rizobica sono in grado di fissare l'azoto atmosferico e di cederlo alla coltura che segue. Vi possono, però, anche essere situazioni opposte caratterizzate da un elevato contenuto di azoto nel terreno e la necessità di bloccarlo nella biomassa per non perderlo per lisciviazione, funzione esplicita dalle cover crops definite "anti-nitrati" come orzo, segale e la Facelia. Inoltre, questa pratica può contribuire nella lotta contro le malerbe, grazie alla loro veloce crescita ed elevata aggressività che può sopraffare le infestanti sottraendo loro luce, acqua ed elementi nutritivi; oltre alla soppressione delle malerbe con concorrenza fisica, alcune colture di copertura sono note per sopprimere le infestanti attraverso l'allelopatia. L'utilizzo di specie appartenenti alla famiglia delle Brassicacee (rafano, senape, colza) contribuiscono alla mitigazione e lotta contro i nematodi grazie alle sostanze ad effetto nematocida (es: glucosinolati) rilasciati soprattutto dall'apparato radicale. Sono stati effettuati quindi due anni di prove in tre diverse aziende localizzate in diversi areali di coltivazione in Toscana (): Garfagnana (LU), Pomarance (PI) e Massa Marittima (LI) dove sono state valutate diverse prove di gestione del sovescio in precedenza alla semina primaverile del mais o miglio.

Il miscuglio di sovescio (Fig.7) utilizzato durante i primi due anni di prova era costituito da:

30% Favino (*Vicia faba*),

10% Trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum*),

## Il mais



20% Segale (*Secale cereale*),

20% Orzo (*Hordeum vulgare*),

20% Rafano (*Raphanus Raphanistrum*).



Fig.7 Piante presenti nel Sovescio utilizzato

In ogni azienda è stato individuato un appezzamento dimostrativo di circa 2 ha, in cui è stato coltivato un miscuglio di colture da sovescio (leguminose, graminacee foraggere e crucifere) in semina autunno-vernina; successivamente in primavera la superficie è stata suddivisa in 3 aree corrispondenti a tre diverse gestioni del sovescio (Fig.8): a) trinciato e sovesciato, b) trinciato e non sovesciato, c) controllo con lavorazioni classiche effettuate dall'azienda. Sul terreno è stato allestito un campo dimostrativo seguendo la metodologia dello Strip-Split-Plot design e seminato poi con varietà di mais o miglio già note ed



# Il mais

utilizzate in Toscana (mais: Formenton Ottofile; miglio: Sunrise). Seguendo la vocazione del contesto pedoclimatico aziendale in due aziende è stato seminato o mais o miglio, mentre nella terza azienda entrambe le colture. Durante l'intero periodo di crescita della coltura non è stato fatto ricorso ad alcun intervento irriguo.

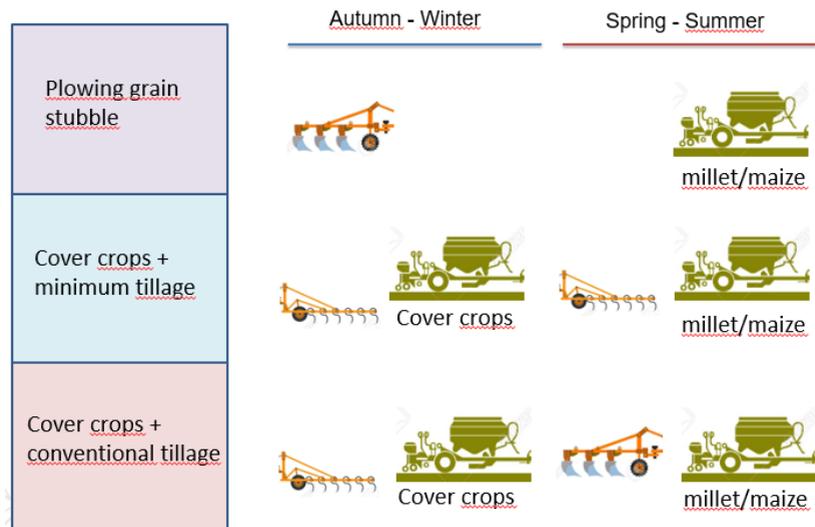


Fig.8 Rappresentazione grafica delle tecniche di gestione del terreno. Durante i primi due anni di progetto sono stati valutati i dati produttivi biomassa aerea, resa in granella e peso di 1000 semi di mais e miglio nelle aziende. Per entrambe le colture si è riscontrato un effetto positivo del sovescio, soprattutto della pratica che prevede anche la sua trinciatura ed interrimento. I valori maggiori dei parametri misurati si riscontrano con la pratica del trinciato e sovesciato. I risultati della prova (tabella 2) evidenziano l'importanza di una corretta pratica di gestione del sovescio e della sostanza organica da apportare al suolo.

# Il mais



Future prove saranno necessarie per capire meglio ciò che avviene nelle dinamiche degradative della sostanza organica nel suolo utilizzando tecniche diverse e individuare quindi le pratiche migliori.

<i>Zea mays</i>	Peso 1000 semi (g)		Resa (kg/ha)		Biomassa totale (kg)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
<b>Az. Cerreto</b>						
Trinciato e sovescio	352	356	2245	1825	16205	15660
trinciato e non sovesciato	348	349	2237	1811	16195	15641
controllo	346	352	2229	1806	16172	15634
<b>Garfagnana coop</b>						
Trinciato e sovescio	369	377	2564	2066	17256	18506
trinciato e non sovesciato	359	368	2552	2061	17251	18495
controllo	360	359	2554	2050	17255	18464

Tab 2 Valori medi dei parametri produttivi ottenuti nei due anni del progetto nelle due aziende con il mais

