

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI

RISORSE

NATURALI E AMBIENTE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**EVOLUZIONE DELLA CONCIA DELLE SEMENTI DI MAIS**

**NEGLI ULTIMI DECENNI**

**RELATORE**

Prof. Teofilo Vamerli

**CORRELATORE**

Dr.ssa Anna Panozzo

**LAUREANDO**

Luca Grego

Matricola n. 1224115

**ANNO ACCADEMICO 2021/2022**



## RIASSUNTO

La presente tesi ha come obiettivo quello di analizzare l'evoluzione della concia del seme di mais negli ultimi decenni a seguito della evoluzione tecnica, dei limiti normativi su alcune sostanze attive, e alla luce delle nuove esigenze di protezione del seme.

La semente di mais veniva in passato trattata unicamente con sostanze insetticide e fungicide al fine di proteggere il seme durante la fase di germinazione e favorirne l'emergenza.

Molte delle sostanze attive insetticide utilizzate nel passato (es. *clothianidin*, *thiamethoxan*, *imidacloprid*, *fipronil*), ed in particolare quelle appartenenti al gruppo dei neonicotinoidi, erano responsabili della moria delle api e per questo motivo il loro utilizzo è stato abolito sia nella concia che in localizzazione alla semina. Attualmente la concia fungicida, essenzialmente con Fludioxonil e Metalaxil-M, rimane ancora una pratica diffusissima, eventualmente associata a insetticidi non pericolosi per le api.

Da alcuni anni la semente di mais viene trattata anche con prodotti diversi, come biostimolanti e vari *biochemicals*, e repellenti per uccelli.

I biostimolanti (acidi umici, oligochitosaccaridi, preparati batterici e micorrizici, etc.) aiutano la pianta a superare meglio gli stress abiotici ed accelerare la crescita nelle più delicate fasi iniziali, mentre i *biochemicals* servono ad aumentare le difese della pianta e sono generalmente costituiti da principi attivi di origine naturale, quali gli estratti di piante o alghe.

Numerosi studi hanno dimostrato che l'utilizzo di seme non conciato può portare a perdite di raccolto anche superiore al 20% rispetto al seme conciato.

La concia della semente riduce notevolmente la quantità di principio attivo utilizzato, anche di oltre 10 volte rispetto alla distribuzione al terreno, e rappresenta pertanto una pratica ecosostenibile.

La ricerca si sta ora orientando verso l'utilizzo di sostanze naturali e non nocive per l'ambiente e gli animali. Rimangono sfide importanti la repellenza contro roditori, uccelli e cinghiali.

## ABSTRACT

### DEVELOPMENT OF SEED DRESSING OF MAIZE IN THE LAST DECADES

The current thesis aims at analyzing the evolution of corn seed treatment in recent decades as a consequence of technical changes, legislative limitations on some active ingredients and new requirements in seed protection.

In the past corn seeds were used to be treated only with insecticides and fungicides in order to protect the seeds during the germination stage and facilitate the growth of the sprout.

Many of the active insecticides used in the past (e.g., *clothianidin*, *thiamethoxan*, *imidacloprid*, *flurothianil*) and in particular those belonging to the neonicotinoids group were responsible for bee mortality, and, for this reason, their use was banned both as seed coating and forrow localization at planting. Today, fungicide seed treatment, essentially with Fludioxonil and Metalaxyl-M, still remains a widespread practice, associated with insecticides that are not dangerous to bees.

In recent years, corn seeds are also treated with different products, such as biostimulants, biochemicals and bird repellents.

Biostimulants (humic acids, oligochitosaccharides, microbial and mycorrhizal preparations, etc.) help the plant to better cope against abiotic stresses and accelerate growth in the most delicate early stages, while biochemicals are intended to increase the plant's defenses and consist of active ingredients of natural origin such as plant or algae extracts.

In recent years, corn seeds is also treated with different products, such as biostimulants, biochemicals and bird repellents.

Several studies have shown that the use of untreated seeds can lead to yield losses of up to 20 % compared to treated seeds.

Seed coating greatly reduces the amount of active ingredients used in the field, even over 10 times compared to soil distribution.

Research is now shifting toward the use of natural, environmentally and animal-friendly substances. Important challenges remain repellency against rodents, birds and wild boar.

## INDICE

RIASSUNTO.....	1
ABSTRACT .....	2
INDICE.....	3
Capitolo 1.....	5
INTRODUZIONE.....	5
1.1 Introduzione.....	5
1.2 Morfologia.....	6
1.3 Ciclo biologico.....	7
1.4 Esigenze termiche, luminose e pedologiche .....	8
1.5 Tecnica agronomica.....	9
1.6 Principali avversità parassitarie .....	11
Capitolo 2.....	14
CONCIA SEMENTE DI MAIS.....	14
2.1 Introduzione.....	14
2.2 Insetticidi.....	15
2.3 Fungicidi .....	17
2.4 Repellente per uccelli.....	18
2.5 Biostimolanti.....	20
2.6 Idrogel.....	22
2.7 Coretto utilizzo delle sementi conciate.....	23
Capitolo 3.....	25
DITTE SEMENTIERE.....	25
3.1 Mas Seeds.....	25
3.2 Pioneer.....	27
3.3 Dekalb.....	30
3.4 Syngenta.....	32
3.5 Kws.....	33
3.6 Confronto tra ditte sementiere.....	35

Capitolo 4.....	39
CONCLUSIONI.....	39
BIBLOGRAFIA.....	40
Documenti scientifici.....	40
Sitografia.....	41
Testi scientifici.....	42
Interviste.....	42

### **1.1 Introduzione**

Il mais (*Zea mays L.*) è una pianta erbacea annuale che fa parte della famiglia delle *Graminaceae*, in particolare appartenente alla tribù delle *Maydeae* e alla classe delle monocotiledoni (ora chiamata *Liliopsida*).

Nella graduatoria cerealicola mondiale il mais è al terzo posto come estensione, dopo grano e riso, con oltre il 50% della produzione mondiale ottenuta negli USA, Paese che è al primo posto nell'esportazione verso l'Europa; altri importanti produttori sono Cina, Brasile, Unione Europea, Messico e India.

Nel mondo vengono coltivati 201 milioni di ettari a mais, con una produzione totale di 1162 milioni di tonnellate ed una resa media mondiale di 57,5 q/ha. In Italia, attualmente si coltivano 602.860 ettari (2021), con una produzione di 6,8 milioni di tonnellate, prodotti principalmente in Lombardia, Emilia-Romagna e Veneto e con una resa media nazionale di 112 q/ha.

Il mais viene utilizzato per l'alimentazione umana, l'alimentazione del bestiame e per l'industria alimentare. Si divide in varie subspecie, ovvero:

- *Zea mays indentata* (mais farinoso) è la forma più produttiva a cui appartengono la maggior parte degli ibridi, la cariosside è di dimensioni elevate e l'amido della cariosside contiene il 75-80% di amilopectina e il 20-25% di amilosio.
- *Zea mays indurata* (mais vitreo) l'endosperma della cariosside è vitreo ed ha un contenuto elevato di zeazantina.
- *Zea mays amylacea* (mais amilosico) mais ad elevato contenuto di amilosio (50-80%) adatto soprattutto per l'impiego in amidieria.
- *Zea mays cerltina* (mais cereo o waxy) l'endosperma della cariosside contiene solo amilopectina (99%) ed è adatto all'industria tessile e cartaria.
- *Zea mays saccharata* (mais dolce) la cariosside contiene una elevata quantità di zuccheri semplici e poco amido e viene utilizzato per il consumo fresco nell'alimentazione umana.
- *Zea mays everta* (mais da scoppio) produce i pop-corn (Baldoni, 2021).



*Figura 1: Pianta di mais*

## **1.2 Morfologia**

Il mais è una pianta C4, monoica, diclina, che possiede un fusto unico, grosso, carnoso e raramente accestito, distinto in nodi e internodi.

La pianta possiede un apparato radicale formato da radici seminali fascicolate e radici secondarie molto sviluppate che raggiungono una profondità di 1,5-1,7 metri e si originano dalla corona (Assomais, 2022/A).

Il fusto ha un'altezza che va dai 2 ai 4 metri e porta dalle 8 alle 24 foglie; ad ogni nodo presenta una foglia e queste si distribuiscono in due file opposte lungo il fusto, con un portamento eretto.

Le foglie sono composte da una lamina espansa collegata a una guaina che avvolge il culmo, la lamina è di forma lanceolata con nervatura mediana grossa.

I nodi basali hanno la tendenza a formare culmi di accestimento e sviluppare radici avventizie in terreni molto fertili, ma questi abortiscono precocemente.

Nella parte apicale della pianta si trova una pannocchia (panicolo o pennacchio) che rappresenta l'infiorescenza maschile dove vi sono le antere contenenti il polline: una pianta può produrre fino a 25 milioni di granuli pollinici.

L'infiorescenza è formata da coppia di spighe (una pedunculata e una sessile), ogni spigetta ha 2 fiori con 3 stami ciascuno.

Mentre l'infiorescenza femminile è rappresentata da una spiga (spadice) che si inserisce all'ascella della 6-7<sup>a</sup> foglia, contenenti solo fiori femminili, senza stigma, con lunghi stili che fuoriescono dalle brattee che proteggono la spiga e sono di colore verdi.



La spiga è costituita da un tutolo su cui si inseriscono un numero di ranghi di cariossidi variabile ma sempre pari, da 12 a 22 ranghi; ogni rango è composto da circa 50 spiglette sessili; quindi, una spiga contiene un totale che va da 600 a 1100 cariossidi.



Figura 2: Spiga di mais

La pianta è anemofila, cioè il polline si diffonde per mezzo del vento e della gravità; le setole ricevono il polline, esso aderisce alla superficie umida dello stilo ed inizia a germinare formando un tubetto pollinico che arriva fino all'ovario. Il frutto è rappresentato da una cariosside di forma e dimensioni variabili, che presenta un endosperma vitreo o farinoso e ricco di amido, il pericarpo esterno di colore variabile.

### 1.3 Ciclo biologico

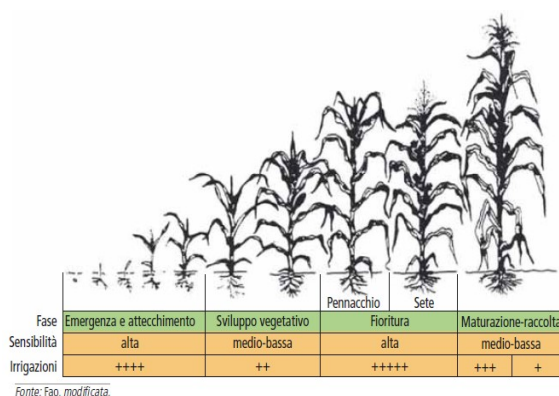


Figura 3: Ciclo biologico del mais.

STADI FENOLOGICI DEL MAIS	
Fase vegetativa*	Fase riproduttiva**
VE Emergenza	R1 Comparsa delle setole, impollinazione
V1 1ª foglia*	R2 Formazione delle cariossidi che si presentano bianche e con liquido trasparente all'interno
V2 2ª foglia	R3 Maturazione latte. Le cariossidi sono colorate, con liquido lattiginoso
V3 3ª foglia	R4 Maturazione cerosa. Consistenza pastosa della cariosside
Vn... ennesima foglia	R5 Formazione del dente nella cariosside
Vt Compare l'infiorescenza maschile e la spiga senza setole	R6 Maturazione fisiologica. Comparsa del punto nero alla base della cariosside

\* lo stadio fogliare è definito dall'ultima foglia con collare visibile.  
\*\* a partire da R2 si fa riferimento alle cariossidi della parte centrale della spiga.

Figura 4: Fasi fenologiche del mais.

Il ciclo biologico del mais si divide in due fasi:

- fase vegetativa, che è contraddistinta da un'incredibile velocità di accumulo di biomassa, dovuta a una capacità fotosintetica elevata (pianta C4).
- fase riproduttiva che è costituita dalla fioritura, fecondazione e formazione delle cariossidi; questa ultima fase rappresenta la fase elastica del ciclo, cioè la sua durata varia in base alla precocità degli ibridi e anche dall'andamento termo-pluviometrico della zona.

#### **1.4 Esigenze termiche, luminose e pedologiche**

Il mais è una pianta macroterma e ha una bassa resistenza al gelo, tanto che le gelate tardive possono essere letali per le piccole plantule appena emerse.

Le temperature minime per ogni fase sono:

- emergenza 10-12°C
- levata 22-24 °C
- fioritura 26-28 °C
- maturazione 17-18 °C

La crescita e lo sviluppo vengono ritardati sensibilmente da temperature inferiori ai 15 °C e superiori a 35 °C (Baldoni, 2021).

Le esigenze luminose sono elevate, ha bisogno di tanta radiazione soprattutto in levata, ed è una specie brevidiurna o indifferente; le esigenze idriche per unità di prodotto sono basse, si possono stimare in 300 kg di acqua per kg di sostanza secca prodotta, per cui per produrre 20 t (granella + residui vegetali) servono almeno 600 mm di acqua, includendo anche le riserve del terreno.

Il periodo più sensibile alla carenza idrica è a fine levata e inizio fioritura; in questo caso possibili stress idrici portano ad una elevata perdita di produzione.

Essendo una coltura che teme il ristagno idrico, sono preferibili terreni ben drenanti, mentre un suolo caldo in primavera velocizza l'emergenza, e l'abbondanza di elementi nutritivi massimizza la produzione; altre condizioni favorevoli sono: pH compreso tra 6 e 7,8, calcare attivo inferiore al 10% e salinità inferiore a 2 mS/cm (Amicabile, 2016).

## **1.5 Tecnica agronomica**

Gli ibridi di mais si dividono in otto classi FAO, dalla classe 100 alla 800, la differenza principale è la durata del ciclo biologico in termini di GDU; in Pianura Padana di solito si coltivano le classi 500-600 e in alcuni casi la 700 per le prime epoche di semina.

Il terreno viene lavorato prima di seminare il mais, solitamente si esegue una aratura profonda (35-40 cm) per interrare i residui colturali, da svolgere già in autunno. Se poi si sviluppano erbe infestanti si esegue una erpicatura a dischi, in questo modo avviene anche una frantumazione delle zolle; infine, si eseguono 2-3 erpicature per preparare il letto di semina e interrare eventuali concimi in primavera. Il mais si adatta discretamente anche alla minima lavorazione, in particolare con strip tillage.

Se le condizioni meteorologiche lo consentono (temperatura del suolo a 5 cm di profondità superiore ai 8-10 °C) la semina può essere anticipata tra la metà e la fine marzo, ciò porta a dei vantaggi come ad esempio: anticipo della fioritura, minor danni da eventuali fitopatologie, allungamento del periodo di accumulo dopo la fioritura e miglioramento di utilizzo delle riserve idriche; in epoca convenzionale si semina da inizio aprile alla prima decade di maggio.

Il mais può essere anche seminato in secondo raccolto, impiegando ibridi precoci che vengono trinciati per la produzione di silomais.

Il seme è conciato con particolari sostanze per aiutare la germinazione e le prime fasi di crescita, che costituisce il tema della presente tesi.

La semina viene effettuata con una seminatrice di precisione ad una profondità di 3-5 cm, con una distanza sulla fila che varia da 15 a 22 cm e con una interfila che può essere di 75-70 o 50-45 cm.

Gli investimenti sono più elevati per silomais, ibridi precoci e in irriguo, cioè 7-8-9 piante per m<sup>2</sup>; si adottano investimenti più bassi per la produzione di granella, gli ibridi tardivi e in asciutto, cioè 6-7 piante per m<sup>2</sup>.

La tendenza attuale è verso investimenti più fitti per avere una produzione più elevata, però in questo caso è necessario irrigare e passare da un interfila da 75 cm a 45 cm e utilizzare ibridi con spiga fix che riescono a tollerare meglio l'incremento di fittezza delle piante.

Le esigenze nutritive sono elevate, per cui le dosi di macronutrienti oscillano tra 200 e 300 kg/ha di azoto, 80-120 kg/ha oppure 50-80 kg/ha in localizzazione di fosforo, e dagli 80 ai 120 kg/ha di potassio solo se il terreno è carente.

L'azoto viene distribuito una piccola parte durante la semina (circa il 30%), la restante parte viene distribuita in copertura con la sarchiatura, mentre il potassio e il fosforo sono distribuiti in presemina o localizzati con la seminatrice. Dopo la semina si esegue la sarchiatura allo stadio di 4°-6° foglia; questa lavorazione viene eseguita per distribuire e interrare l'azoto, per controllare le malerbe, per riscaldare il terreno e per rompere la crosta superficiale.

Un'altra pratica comune consiste nell'irrigazione che si effettua per ottenere un'elevata produzione e nel caso di annate poco piovose per evitare che il mais entri in stress idrico che porterebbe a cali di produzione soprattutto se questi si verificano prima della fioritura e fino alla fecondazione (da 3% al 8% per giorno di stress).

Si deve eseguire un controllo delle infestanti che può essere fatto con un diserbo di presemina essenzialmente con Round-up (*glyphosate*), oppure si può eseguire un diserbo pre-emergenza dopo o durante la semina, in questo caso sono necessari 10-20 mm di pioggia entro 10-15 giorni per garantirne l'efficacia. Molto utilizzato anche il diserbo post-emergenza quando il mais è allo stadio di 5-6 foglie, in questo caso si utilizzano miscele di graminicidi e dicotiledonici.

Altre avversità possono essere rappresentate dagli insetti, come ad esempio quelli terricoli, controllati con la concia del seme o la localizzazione lungo la fila di semina di insetticidi microgranulati; contro piralide e diabrotica si utilizzano insetticidi allo stadio di fioritura del mais per irrorazione fogliare.

Una ulteriore avversità è rappresentata dai funghi micotossigeni, che producono varie tossine (e.g., aflatossine, fumonisine, acratossina e zearalenone) alcune delle quali sono cancerogene per l'uomo e gli animali. In via preventiva è opportuno evitare gli stress idrici, soprattutto per le aflatossine, ridurre l'infestazione di piralide e anticipare la raccolta così da ridurre la presenza di micotossine.

A maturazione, si raccoglie la granella con mietitrebbia ad una umidità che può variare dal 14 al 25 %; nel caso si voglia utilizzare la granella; per la produzione di pastone si raccoglie ad una umidità che va dal 30 al 35 %.

Si può anche raccogliere l'intera pianta per fare l'insilato di mais, trinciando quando la stessa si trova allo stadio della maturazione cerosa (Baldoni, 2021).

### **1.6 Principali avversità parassitarie**

Le principali avversità parassitarie del mais sono rappresentate dagli insetti e dai funghi. Per gli insetti possiamo distinguere:

- Insetti terricoli come le nottue (*Agrotis* spp.) che attaccano le piccole plantule a livello del colletto; ciò porta all'appassimento di tutta o parte della pianta. Si interviene solo se le piante attaccate sono maggiori del 5% con un intervento chimico di post emergenza nel tardo pomeriggio/sera poiché si tratta di insetti notturni. Ci sono poi problematiche con elateridi o ferretti (*Agriotes* spp.) che colpiscono ed erodono le radici ed il colletto della piantina di mais e sono favoriti da terreni umidi, poco lavorati e con molta sostanza organica. In questo caso si consiglia di effettuare delle arature per rimescolare il terreno, avere un buon drenaggio ed attuare la rotazione colturale; nel caso di infestazione in atto si consiglia di eseguire delle sarchiature per creare un ambiente sfavorevole alle larve.

- Piralide (*Ostrinia nubilalis*): lepidottero, le larve causano danni al culmo, tutolo e granella, per cui si interviene sulla seconda generazione con trattamento a base di piretroidi effettuato con trattori scavallatori dall'emissione del pennacchio e fino al disseccamento delle setole fiorali. Si possono anche effettuare degli interventi agronomici preventivi come la sfibratura degli stocchi, una aratura tempestiva, e la semina anticipata; si potrebbe seminare il mais geneticamente modificato BT (ma non autorizzato in Italia); è possibile anche la lotta biologica con l'imenottero parassitoide *Trichogramma brassicae*.

- Diabrotica (*Diabrotica virgifera*): coleottero la cui larva causa danni alle radici portando ad un minor assorbimento e all'allettamento di piante, mentre l'adulto erode le setole fiorali, con scarsa fecondazione, ma provoca anche rosure alle foglie. La lotta si effettua se si catturano 50 adulti alla settimana per ettaro e si prevede di coltivare mais anche l'anno successivo.

I prodotti concianti hanno scarso o nullo effetto sulle larve, mentre alcuni geodisinfestanti hanno effetto ad un dosaggio elevato (es. teflutrin) e vanno distribuiti con il microgranulatore della seminatrice o con la sarchiatrice; si può attuare una lotta contro gli adulti con un trattamento a base di piretroidi o indoxacarb distribuito con trattori scavallatori in combinazione con il trattamento contro la piralide, oppure si utilizza il *Bacillus thuringiensis* nel caso di mais biologico; anche in questo caso si potrebbe seminare mais BT (ma non autorizzato in Italia). Si consiglia di effettuare la rotazione colturale come tecnica agronomica (Amicabile, 2016).

Nel caso dei funghi possiamo avere:

- Carbone (*Ustilago maydis*): questo fungo si conserva nel terreno e in primavera germina e le spore raggiungono varie parti della pianta; nelle aree colpite si può osservare la formazione di galle, soprattutto nella spiga che può risultare completamente distrutta ma anche clorosi, arrossamenti e necrosi. Attraverso l'utilizzo di corrette tecniche agronomiche come una concimazione equilibrata, ampie rotazioni e raccolta e distruzione dei giovani tumori si limita la possibilità di infezione.

- Marciume dello stocco (*Fusarium graminearum*) il fungo si conserva nei residui infetti della vegetazione dell'anno precedente. Il patogeno causa il rammollimento del fusto per cui le piante colpite possono facilmente piegarsi; per ovviare a questo problema si dovrebbe diminuire la densità di semina, evitare la somministrazione di dosi eccessive di azoto e far ricorso a ibridi resistenti o tolleranti.

- Helmintosporiosi (*Helminthosporium turcicum*): il fungo si conserva nei residui della vegetazione dell'anno precedente e nel seme; causa danni alle foglie che presentano macchie di colore bruno chiaro. In questo caso si possono impiegare ibridi resistenti ed evitare il ristoppio.

- Fusariosi della spiga (*Fusarium verticillioides*): il fungo si conserva nei residui infetti dell'anno precedente o nel terreno. La temperatura ottimale è di 30 °C. La fusariosi si manifesta a partire dalle setole, dove si può notare una muffa bianca/rosea che poi interessa anche le cariossidi; di solito questi sintomi vengono associati a rosure causate dalla piralide. L'infezione può continuare anche dopo la raccolta delle cariossidi se l'umidità è maggiore del 14%.

Il problema principale è dovuto al fatto che questo fungo produce le fumonisine che sono tossiche soprattutto per i cavalli e i suini. Più la granella è secca, maggiore sarà la concentrazione di fumonisine nella spiga: per tale motivo è meglio effettuare delle raccolte anticipate con umidità della granella elevata (>25°C).

Inoltre, si possono usare ibridi resistenti al *Fusarium*, interrare i residui colturali e ridurre gli attacchi di piralide. Nelle annate più fresche e piovose si può sviluppare anche il *F. graminearum*.

-Marciumi dalla spiga (*Aspergillus flavus*): è patogeno saprofita, il fungo si conserva nei residui della vegetazione dell'anno precedente o nel terreno, e quando le condizioni sono idonee (28-30 °C) il fungo rilascia le spore che vengono trasportate dal vento e arrivano alla spiga dove penetrano attraverso le sete o attraverso le lesioni causate dalla piralide. Nella spiga si possono notare delle cariossidi con muffa verde, ma il problema principale è che il fungo produce aflatossine, micotossine cancerogene per gli animali e per l'uomo. La produzione di aflatossine è stimolata da annate calde con stress idrico. Anche in questo caso è consigliato anticipare la raccolta ad una umidità inferiore al 32%. È molto utile ridurre gli attacchi di piralide e interrare i residui colturali (Assomais, 2022).

-Marciume da *Pythium* spp.: questi parassiti si trovano nel terreno ed entrano nei giovani tessuti vegetali provocando prima imbrunimenti dei tessuti e successivamente fenomeni di marcescenza; le piantine possono essere attaccate fino allo stadio di 4/5 foglie, e in questa fase manifestano ingiallimenti delle foglie. Per la difesa si può intervenire interrando i residui colturali, ridurre la densità di semina, prevenire la formazione di ristagni idrici (Fitogest,2018).

## CONCIA SEMENTE DI MAIS

### 2.1 Introduzione

La storia del trattamento/concia della semente di mais risale a migliaia di anni fa, ma i progressi maggiori sono avvenuti negli ultimi decenni.

Alcuni studi hanno stimato che usando semi non conciatati si potrebbero avere perdite di raccolto anche superiore al 20% e possibili aumenti dei costi fino al 200% (Agronotizie, 2021).

Negli anni 1970-1980 la maggior parte delle sementi veniva trattata con prodotti che avevano una modalità d'azione limitata all'attività di contatto, cioè non sistemica e di breve durata.

A quell'epoca i fungicidi più utilizzati erano il Captano e il Tiram che proteggevano il seme dalle malattie trasmesse dal suolo (*soil born pathogens*); questi fungicidi portavano ad un'attenuazione del problema ma la durata della protezione era troppo breve e non forniva una protezione contro le infezioni sistemiche e aveva un impatto minimo sulle malattie delle piantine nel post-emergenza.

Negli ultimi anni si sono introdotti prodotti sistemici che hanno fornito una protezione sistemica più duratura e sono stati rapidamente adottati dagli agricoltori (Hairston, 2013).

Durante questo periodo l'uso degli insetticidi era molto meno comune e avevano uno scarso effetto. L'impatto più significativo degli insetticidi è avvenuto con lo sviluppo e l'introduzione dei neonicotinoidi (*clothianidin*, *imidacloprid* e *thiamethoxam*).

La registrazione da parte dell'EPA di questi prodotti è avvenuta nel 1994 ed ha fornito per la prima volta la possibilità di ottenere una protezione eccellente contro un ampio gruppo di insetti.

Con l'uso di sementi conciate si stima di poter evitare una perdita di produzione del 3-5% (corrispondente a 3,5-6 q.li di granella per ettaro) nel caso degli insetti terricoli; mentre con la diabrotica si evita una perdita del 5-10% di produzione (corrispondente a 6-12 q.li di granella per ettaro).



## 2.2 Insetticidi

Inizialmente si utilizzavano degli insetticidi non sistemici, poi dal 1994 si è iniziato ad utilizzare i neonicotinoidi che hanno sostituito in buona parte i carbammati, gli organo fosfati ed i piretroidi.

I neonicotinoidi sono insetticidi sistemici, cioè sono in grado di penetrare attraverso i tessuti vegetali e di diffondersi attraverso il sistema vascolare della pianta.

Dal 1994 ad oggi l'uso di neonicotinoidi è cresciuto notevolmente, fino ad arrivare ai giorni nostri dove il mercato globale dei concianti antiparassitari ha raggiunto un valore di 1,8 miliardi di dollari (Lentola *et al.*, 2020).

Si è avuto questo aumento non solo perché gli insetticidi per la concia del seme hanno sostituito quelli granulari ma anche perché sono progressivamente aumentate le superfici a mais dove è stato utilizzato seme conciato; se prima si poteva acquistare sia seme non conciato che conciato, ad oggi l'offerta si concentra quasi esclusivamente sul seme conciato.

È stato dimostrato tuttavia che l'uso di questi neonicotinoidi provocava il rilascio in atmosfera di grandi quantità di polveri contenenti insetticidi durante la fase di semina. Queste polveri vengono intercettate dalle api mellifere in volo, inducendo effetti acuti letali. L'Unione Europea ha adottato restrizioni nell'uso di questi principi attivi a partire dal 2008. In Europa, Canada e Stati Uniti sono stati osservati diversi casi di perdita di colonie di api durante il periodo delle semine del mais (Lentola *et al.*, 2020).

Un altro studio ha osservato la contaminazione delle api sia in volo libero vicino alla seminatrice sia all'interno di gabbie movimentate da due operatori; in questo ultimo caso, un singolo passaggio si è dimostrato sufficiente a uccidere tutte le api esposte alla nube prodotta dalla seminatrice se le api venivano mantenute in condizioni di elevata umidità relativa. Inoltre, questo studio ha analizzato l'estensione della nube tossica ad una altezza di 0,5, 1,8 e 3,5 m e si è rivelata avere un diametro di circa 20 m, con una forma ellissoidale. Le analisi chimiche mostravano fino a 4000 ng di insetticida in singole api, con un contenuto medio di 300 ng (Girolami *et al.*, 2013).

Successivamente sono stati fatti degli studi in laboratorio e si è notato che gli insetticidi *metiocarb* e *clothianidin* hanno una tossicità acuta maggiore rispetto al *thiacloprid*, inoltre si è notato che la tossicità aumenta se, dopo l'esposizione, le api vengono mantenute in condizioni di elevata umidità.

Inoltre, il largo impiego di neonicotinoidi a livello mondiale causava una diffusa contaminazione ambientale, con effetti pericolosi su diverse specie di invertebrati e la conseguente riduzione della biodiversità.

Dal 2008 sono state introdotte restrizioni all'uso dei neonicotinoidi e del fipronil in diversi Paesi europei (Francia, Germania, Svizzera, Slovenia e Italia), e da dicembre del 2013 l'Unione Europea ha vietato l'impiego di *clothianidin*, *imidacloprid*, *thiamethoxan* e *fipronil*. Questi ultimi sono stati sostituiti con prodotti presumibilmente meno tossici come il *thiacloprid* (neonicotinoide sospeso dal 2019) e il *metiocarb* (ditiocarbammato sospeso/revocato dal 2019).

Un problema da considerare è che solo il 5% della quantità totale di principio attivo viene assorbito dalla plantula mentre la restante parte rimane nel terreno e viene lisciviato nelle acque sotterranee e superficiali.

Di questa restante parte di principio attivo, l'1-2% si sposta in atmosfera e viene intercetta dalle api oppure va a finire nelle piante selvatiche vicino al terreno provocandone la contaminazione.

Un altro studio ha analizzato i residui di *imidacloprid* (nome commerciale Gaucho) che va a finire nei fiori e nell'erba e si sono osservati valori da 123,7 e 58,2 ng/g di *imidacloprid*: il residuo è stato ritrovato almeno fino a quattro giorni dopo la semina e si è osservato l'effetto dilavante di piogge intense (Greatti *et al.*, 2006). Anche sulla pianta di mais sono stati trovati residui di *imidacloprid* per effetto della sua sistemica, i livelli medi sono stati di 4,1 µg/kg nei fusti e nelle foglie, 6,6 µg/kg nei fiori maschili e di 2,1 µg/kg nel polline (Bonmatin *et al.*, 2005).

Uno studio eseguito nel quadriennio 2003-2006 ha rilevato che i semi senza concia insetticida sono emersi più velocemente ma non si nota una significativa differenza tra le percentuali delle piante attaccate, ovvero nel non trattato, le piante attaccate solo il 2,28%, mentre nel caso del seme trattato con solo fungicida sono del 2,32%. Infine, nel caso del seme trattato con fungicida e insetticida sono del 1,01%.

Lo stesso studio ha poi analizzato l'incidenza degli attacchi di alcuni insetti (Furlan *et al.*, 2009).

Nel caso degli elateridi o ferretti, tutti gli insetticidi hanno evidenziato una buona capacità di proteggere il seme e anche la piantina nelle prime fasi di sviluppo, mentre nel caso di seme non trattato si ha avuto una riduzione anche di 1 pianta/m<sup>2</sup> nel caso di elevata presenza di elateridi.

Per i fitofagi epigei, nel caso delle nottue i risultati sono trascurabili, mentre nel caso della diabrotica ha portato un danno radicale, che ha condotto ad una perdita in media di circa 1,5 nodi completi (Furlan *et al.*, 2007).

### **2.3 Fungicidi**

I fungicidi sono stati applicati in concia alla semente di mais a partire dal 1930. Inizialmente i fungicidi più utilizzati erano Captano e Tiram ma avevano una azione di breve durata e non offrivano una protezione contro le infezioni sistemiche, ed avevano un impatto minimo sulle malattie delle piantine in post-emergenza.

I semi di mais infetti con funghi costituiscono importanti fonti di inoculo, i cui patogeni possono causare marciume dei semi, morte precoce ed in post-emergenza delle piantine, e marciume radicale.

Quando si semina il mais in condizioni non ottimali (condizioni freddo-umide), la germinazione è rallentata e si riducono la velocità di emergenza quindi i semi sono esposti per un maggior periodo all'attacco dei funghi che trovano le condizioni ideali.

Attualmente l'uso di fungicidi di sintesi di nuova generazione a basso dosaggio (grazie alla concia) e con un ampio spettro di azione, controllano meglio le infezioni dominanti (Shabatukov *et al.*, 2021).

Un altro passo avanti è stato compiuto utilizzando fungicidi a 4 vie (composto da *fludioxonil*, *metalaxyl*, *azoxystrobin*, *thiabendazolo*), in sostituzione dei più convenzionali formulati a 2 vie (composto da *fludioxonil*, *metalaxyl*) o al testimone non trattato.

L'Università di Torino ha svolto un confronto tra un testimone non conciato, un fungicida a 2 vie e uno a 4 vie. I ricercatori hanno notato che rispetto al testimone non trattato, l'adozione di un fungicida a 2 vie riduce l'incidenza delle fallanze del 43%, mentre uno a 4 vie lo riduce del 71%, inoltre quello a 4 vie ha permesso di mantenere una densità colturale media superiore (Blandino *et al.*, 2019).

Lo stesso studio ha osservato che le piante conciate con la concia fungicida mostravano una maggiore vigoria e uno sviluppo migliore, questo ha portato anche a significativi aumenti produttivi, che sono stati quantificati con una produzione maggiore del 40% con l'utilizzo del fungicida a 2 vie, mentre con quello a 4 vie ha garantito un ulteriore aumento produttivo medio del 20%.

La concia con fungicidi può controllare i funghi patogeni che attaccano il seme, i germinali e le piantine.

Il *F. verticillioides* non provoca danni alle plantule, ma è responsabile di infezioni endofitiche che possono contribuire alla contaminazione da fumonisine nella granella.

Inoltre, ci sono dei patogeni resistenti nel terreno come, ad esempio, gli Oomiceti del genere *Pythium*, che in annate piovose causano il marciume del seme e la moria delle plantule.

In annate calde e asciutte invece, i danni possono essere provocati da *Penicillium* sp. e da *Aspergillus* sp. che provocano intense morie.

In conclusione, il trattamento del seme di mais con fungicidi può fornire dei vantaggi sia in termini di quantità (resa), sia per gli aspetti legati alla contaminazione da micotossine, ma tali vantaggi e la costanza con cui si manifestano sono condizionati dalle interazioni tra l'andamento climatico e le specifiche condizioni di coltivazioni (Furlan *et al.*, 2009).

#### **2.4 Repellenti per uccelli**

I danni causati dagli uccelli rappresentano una problematica crescente negli ultimi anni; il mais viene colpito nelle prime fasi di sviluppo soprattutto da corvidi e fasianidi, che hanno provocato danni per un ammontare di oltre 2 milioni di euro nel quinquennio 2006-2010 in Veneto, che corrisponde al 19% di tutti i danni causati dalla fauna selvatica.

Tra i gruppi di uccelli che causano un danno ci sono i corvidi, come la gazza e la cornacchia grigia, i piccioni, il colombaccio, il gabbiano reale, le anatre selvatiche e il fagiano (Furlan *et al.*, 2020).

Gli uccelli causano danno per predazione delle sementi, ma anche su plantule con 1-3 foglie e in questo caso la piantina viene scalzata, provocando la morte per disseccamento.

Visto che il Mesurol (sostanza attiva Metiocarb) è stata revocata il 3 aprile 2020, le aziende agricole hanno due alternative per difendersi dagli attacchi degli uccelli. Il metodo indiretto riguarda le polizze assicurative e i fondi mutualistici; in questo caso la bassa incidenza dei danni rende possibile un efficace approccio assicurativo, l'assicurazione copre i danni alle produzioni erbacee che si verificano nelle fasi di emergenza, e nelle fasi successive con il danneggiamento e asportazione di prodotto e risarcisce un importo di 300 euro/ha per le colture erbacee (Furlan *et al.*, 2020). L'altra riguarda la difesa diretta: in questo caso il seme conciato ha una buona efficacia, ma è importante considerare anche altri parametri quali l'epoca di semina, la profondità di semina, la struttura del suolo e le condizioni meteorologiche post semina.

Il mais rappresenta un alimento di facile approvvigionamento per gli uccelli, ed è suggerito evitare semine anticipate; inoltre, se si esegue una semina anticipata è preferibile effettuare una semina profonda (5-6 cm), mentre si predilige una semina superficiale (2-3 cm) nel caso di semine tardive.

Un altro fattore è la struttura del terreno, se abbiamo terreni limosi che tendono a fare crosta nel caso di piogge battenti è consigliato eseguire una semina superficiale.

Un ulteriore fattore da considerare riguarda l'andamento meteorologico: un evento piovoso nei giorni successivi alla semina favorisce la germinazione del seme e sfavorisce gli attacchi degli uccelli, tenendo tuttavia in considerazione la struttura del terreno (Agronotizie, 2022).

In conclusione, meglio effettuare semine anticipate ad una profondità maggiore in caso di andamento soleggiato per almeno 7 giorni, e semine tardive con possibili eventi piovosi alla data di semina usando una profondità di semina superficiale (Vitaloni, 2022).

Un altro studio fatto (Furlan *et al.*, 2020) ha confrontato quattro aziende con mais non trattato, mais trattato con fungicida, mais trattato con carbonato di calcio, mais trattato con Mesurol, mais trattato con Scudossed (a base di carbonio organico di origine biologica e mannitolo) e mais trattato con Eurodif (polvere olfattiva repellente a base di alluminio e solfato di ammonio).

I danni maggiori si sono verificati nel caso di seme non trattato, trattato con solo fungicida e trattato con carbonato di calcio, con picchi fino al 29% di danno in un caso.

Nel caso degli altri tre prodotti i danni sono risultati leggermente più bassi.

Infine, in alcune aziende di Veneto Agricoltura sono stati studiati gli effetti di dissuasori visivi che erano rappresentati da palloncini a forma di falco ad un'altezza di 4 metri per spaventare i volatili, ma a causa della fragilità dei palloncini non è stato possibile testare l'efficienza di questo sistema (Furlan *et al.*, 2020).

Un altro studio ha confrontato tre diverse sostanze concianti (antrachinone, pulegone e metil antranilato). Nelle voliere, i semi non trattati erano chiaramente preferiti dai piccioni rispetto a semi trattati e l'effetto di deterrenza maggiore si è avuto per i semi trattati con pulegone e metil antranilato (Esther *et al.*, 2013).

## **2.5 Biostimolanti**

Fino a qualche anno fa i biostimolanti venivano utilizzati solo per colture ad alto reddito (viticoltura), ma oggi vengono utilizzati anche per colture erbacce come il mais.

Questi prodotti migliorano l'uso dei nutrienti e dell'acqua da parte della pianta aumentando la tolleranza agli stress (temperature elevate, siccità e salinità) e incrementando la qualità della granella.

I biostimolanti sono prodotti contenenti sostanze e microrganismi attivi, come acidi umici, ormoni (per esempio alghe) e composti a base di amminoacidi, batteri azospirilli o altri.

Una sperimentazione effettuata all'Università di Piacenza (prof. Baldoni), ha verificato che usando biostimolanti, è possibile ridurre del 30% l'input di azoto, e questo riduce sensibilmente i costi soprattutto in questo anno 2022 con il prezzo dell'urea aumentato del 120%, garantendo la stessa produzione.

Inoltre, si garantisce la stessa produzione, si migliora l'assorbimento dei nutrienti del 25% e la qualità dei prodotti (Nuovo Agricoltore, 2021).

Uno studio ha valutato il potenziale fertilizzante di due funghi micorrizici arbuscolari (*Glomeraceae* e *Acaulosporaceae*) in mais. I risultati migliori si sono ottenuti con il genere *Glomeraceae*, dove l'altezza delle piante è aumentata del 65,28%, il diametro al colletto è migliorato del 51,26% e la biomassa secca sotterranea è aumentata del 136,36% a 30 giorni dalla semina (Agbodjato *et al.*, 2022).

Un altro studio ha analizzato quanto influisce la differenza di durata di immersione dei semi di mais in soluzioni di acidi umici (10 mmol L<sup>-1</sup> di Carbonio). I trattamenti consistevano nell'immersione dei semi per 17 minuti, 1 ora, 2 ore, 4 ore, 8 ore, 16 ore e 24 ore. A 30 giorni dalla semina sono state raccolte due piantine per replica per determinare lo sviluppo del germoglio, la radice, la biomassa verde e secca, ed i risultati migliori sono stati ottenuti dalle piantine dei semi imbevuti per 8 ore (Baldotto *et al.*, 2021).

Uno studio ha esaminato la capacità del fungo parassitoide *Metarhizium spp.* (microsclozi) di promuovere la resistenza del mais contro il lepidottero lafigma (*Spodoptera frugiperda*) e la cicalina *Dalbulus maidis* attraverso il rivestimento dei semi con i granuli microscleroziali nella proporzione di 400 g di biostimolante per 100 kg di semi.

Questo oltre ad aver migliorato l'area fogliare, l'altezza della pianta, la lunghezza delle radici e il peso secco delle piante a 15 giorni dopo l'emergenza delle piante, ha determinato anche una significativa riduzione della sopravvivenza delle larve di *Spodoptera frugiperda* (mortalità maggiore del 55% dopo 7 giorni) rispetto al testimone non trattato, mentre per *Dalbulus maidis* non si è osservata alcuna variazione nella sopravvivenza degli adulti (Lira *et al.*, 2020).

Infine, uno studio ha analizzato la funzionalità di una copertura di bioplastica del seme di mais con un batterio promotore della crescita (*Bacillus subtilis*). È stato notato che rispetto al testimone non trattato, nelle prime fasi di sviluppo le radici erano il 21,4% più lunghe e gli steli il 21,4% più lunghi. Inoltre, i semi trattati rilasciavano fino all'86% in meno di polveri a seguito dei reciproci sfregamenti.

Inoltre, queste bioplastiche possono essere utili perché durante la fase di semina non si formano polveri pericolose soprattutto per le api.

Un altro studio ha ricoperto il seme con una bioplastica contenente le spore di *Trichoderma harzianum* e ha notato una crescita più sostenuta dei germogli (+29%) e delle radici (+44%) in stadio precoce (Agronotizie, 2017).

## 2.6 Idrogel

Questo prodotto è una base organica ed è in grado di migliorare la germinazione, la crescita, la resistenza allo stress idrico e la composizione nutritiva e microbica del substrato.

In uno studio è stato applicato al seme di mais un rivestimento di idrogel biodegradabile a base di fecola di patate modificata con succinato, esso aveva una capacità di assorbimento d'acqua di 260 g acqua /g di idrogel.

È stata valutata l'emergenza e la crescita post-emergenza a diverse umidità del terreno, con un approvvigionamento idrico al 65% della capacità di campo.

La differenza tra il seme trattato e non trattato è stata limitata, mentre nel caso di approvvigionamento idrico più elevato (77% e 82% dell'acqua disponibile) i semi trattati hanno manifestato una migliore germinazione rispetto ai semi non trattati, però dopo 14 e 21 giorni dalla germinazione sono stati confrontati i pesi secchi delle radici e della pianta e non si sono notate differenze significative tra seme trattato e non trattato, per l'impatto dell'idrogel è stato considerato trascurabile (Pathak *et al.*, 2020).

Uno altro studio ha sviluppato un nuovo materiale di rivestimento termoreattivo con una doppia efficacia di resistenza al freddo e anticontraffazione per il seme di mais, questo materiale è a base di acido salicilico e N-isopropilacetilammide-co-butilmetacrilato.

Il seme trattato con questo idrogel ha mostrato una percentuale di germinazione del 17,8% maggiore e un indice di vigore del 53,1% superiore del seme non trattato in caso di stress da freddo.



## 2.7 Corretto utilizzo delle sementi conciate

Dopo molta sensibilizzazione, gli agricoltori oggi maneggiano gli agrofarmaci in maniera corretta, ma talvolta pensano che le sementi conciate non siano da maneggiare con accortezza, mentre i semi sono ricoperti da un sottile strato di agrofarmaco e i sacchi che li contengono sono paragonabili alle taniche dei prodotti fitosanitari.

Ci sono delle regole precise per utilizzare in modo corretto le sementi conciate:

-I sacchi con le sementi conciate devono essere stoccati in un deposito ben areato, al riparo dalla luce e dalle avversità atmosferiche, non raggiungibili da persone non autorizzate e da animali.

Leggere bene l'etichetta di ogni sacco poiché sono riportate informazioni importanti per l'uso della semente e avvertenze sugli agrofarmaci usati per la concia.



Figura 5: Esempio di cartellino di un prodotto conciato.

-Qualora si aprano o si spostino i sacchi si devono indossare i dispositivi di protezione personale (DPI) come: vestiario coprente, guanti, occhiali e mascherina.

-La tramoggia della seminatrice deve essere caricata in campo, la seminatrice deve essere vuota nel percorso su strada.

- Nell'uso di seminatrici pneumatiche per impedire il propagarsi di polveri è necessario impiegare dei deflettori che convogliano l'aria di scarico nel terreno.
- Evitare di scuotere i sacchi vuoti per far uscire la polvere rimanente.
- C'è il divieto di seminare qualora ci sia vento.
- Controllare se i semi vengono interrati correttamente per evitare che siano mangiati da uccelli o mammiferi.
- Nel caso ci siano rimanenze a fine semina c'è il divieto di disperderle nell'ambiente o utilizzarle per nutrire animali. Inoltre, non è consigliabile conservarle per l'anno successivo poiché la germinabilità decresce nel tempo.
- I sacchi vuoti devono tassativamente essere smaltiti come rifiuti pericolosi al pari dei flaconi di agrofarmaci (Agronotizie, 2021).

### **3.1 Mas Seed**

Mas Seeds è il più grande produttore di sementi a livello europeo, lavorano con la genetica Mas Seeds ma fanno anche attività conto terzi per Syngenta, KWS, Monsanto, ecc.

Questa azienda controlla innanzitutto l'efficacia del prodotto conciante sul seme, contro quale problematica si utilizza, quanto prodotto conciante serve, il tempo di asciugatura nel caso di un prodotto liquido (slurry) e se non compromette la scorrevolezza del seme nella tramoggia. Osservano anche quali influenze hanno nel tempo questi prodotti, per esempio alcuni insetticidi riducono la germinabilità e il vigore vegetativo dopo un anno dal loro utilizzo nel seme, questo succede se alcuni lotti di seme vengono utilizzati dopo un anno dalla loro produzione.

L'utilizzo di un seme buono con una buona concia porta ad aumento della produzione dal 2 al 7% nelle prove eseguite internamente dall'azienda. Inoltre, una buona concia aumenta la germinabilità e il vigore vegetativo così il seme ha meno problemi nei confronti di insetti e uccelli e maggiore uniformità di emergenza perché certe volte ci sono delle piante che nascono anche 10-12 giorni dopo le altre e queste partono subito svantaggiate dal punto di vista della radiazione solare e portano a una produzione inferiore.

L'azienda usa la tecnologia **Agrostart** che si differenzia in **Agrostart base**, composta solo da un biostimolante e da un fungicida, **Agrostart Plus Force** che ha anche un insetticida (p.a. teflutrin), **Agrostart Plus Lumiposa** che ha anche un insetticida diverso da Force, e **Agrostart Plus Korit** che ha anche un repellente per gli uccelli.

Nello strato più vicino al seme c'è il fungicida, poi il biostimolante e infine insetticida e/o repellente per uccelli.

Fino a qualche anno fa Mas Seeds utilizzava il neonicotinoide Eterovancruiser (p.a. thiamethoxam) che era un insetticida sistemico capace di proteggere anche la parte epigea dall'attacco degli insetti. In questo modo si ha avuto nel passato un buon contenimento del nanismo ruvido del mais che era trasmesso da una cicalina che pungeva 2-3 piante di mais e dopo moriva e non contaminava altre piante.

Poi sono passati ad utilizzare il Force 20 CS (p.a. Teflutrin 18,9 g/100 g di prodotto) che è un insetticida a base di sulfurea non sistemico che si può utilizzare come concia sul seme, è utilizzato sia contro gli elateridi e contro le larve di diabrotica.

Quando il Force viene a contatto con l'umidità del terreno crea un alone che protegge il seme.

Il Lumiposa (p.a. *Cyantraniliprole*) è un insetticida sistemico, sembrava simile ai vecchi neonicotinoidi come efficacia invece non ha un'efficacia maggiore del Force.

Infine, il Korit (p.a. *Ziram*) che è nato come un insetticida, poi è stato utilizzato come repellente per uccelli.

Un altro grosso problema sono i cinghiali, che impediscono la coltivazione del mais. Attualmente non c'è un repellente che funziona, ci sono dei prodotti che inizialmente sembrano funzionare, per esempio a base di estratto di peperoncino, a base di estratti di sostanze organiche (estratti di magnolia): questi prodotti hanno un'efficacia contro certi uccelli, ma non contro i cinghiali, perché si abituano e non funzionano più.

I biostimolanti vengono ottenuti dall'estrazione della leonardite che sono dei depositi sedimentari di alghe e da questi si ottengono gli acidi umici e fulvici che vengono purificati. Essi hanno un effetto stimolante di tipo ormonale sul seme, gli acidi stimolano le auxine delle cellule che stimolano l'accrescimento della radice così aumenta l'assorbimento, e poi stimolano le proteine di trasporto dei nutrienti delle radici che favoriscono l'assorbimento di elementi nutritivi, molto importanti per il fosforo perché in condizioni di bassa temperatura è poco disponibile.

I maggiori vantaggi nell'uso dei biostimolanti si osservano nelle condizioni difficili come nel caso degli ultimi due anni 2021 e 2022 dove le prime fasi di crescita del mais dovevano affrontare condizioni di siccità e di semina precoce, mentre in condizione ottimali di semina e di terreno i risultati attesi sono minori. Attualmente Mas Seeds sta lavorando su nuovi concianti come repellenti per cinghiali, sta cercando di migliorare la repellenza contro gli uccelli anche perché il Korit ogni anno riceve la riutilizzazione provvisoria da parte delle commissioni delle valutazioni dell'agrofarmaco, per cui ci si attende che a breve non venga più rinnovato. Non ci sono invece grossi problemi per fungicidi e insetticidi, mentre si sta andando verso le conce biologiche che richiedono di controllare la vitalità e la durata del seme.

### 3.2 Pioneer



Figura 6: Cartellino Pioneer.

In quasi 100 anni di attività, Pioneer ha contribuito a fondare e a far crescere il settore dell'agricoltura. La tecnologia biostimolante del seme di questa azienda è il **Lumigen** che si può trovare in forma standard, dove il seme viene trattato con un biostimolante convenzionale (**Lumibio Kelta**) e un fungicida; la forma **premium**, dove il seme viene trattato anche con un insetticida convenzionale (Force) e con un concime odoroso come repellente per uccelli; infine abbiamo la forma **premium plus** dove il seme trattato viene trattato con un insetticida innovativo (nome commerciale: Lumiposa), un biostimolante formato da una miscela innovativa (Lumibio Optima), il concime odoroso e il fungicida.

L'insetticida utilizzato è il Lumiposa (p.a. *Cyantraniliprole*) che è un prodotto sistemico in grado di offrire una copertura contro gli elateridi e le nottue fino allo stadio di 4/5 foglie mentre non ha quasi nessun effetto contro le larve di diabrotica; invece, il Force crea una protezione solo attorno al seme; quindi, le radici più profonde e la parte superiore del colletto possono essere colpiti; tuttavia, controlla molto bene le larve di diabrotica.

Per avere un controllo di tutti gli insetti terricoli bisogna conciare il seme con Lumiposa e distribuire lungo la fila di semina il Force con il microgranulatore della seminatrice.

Il biostimolante è il **Lumibio Optima** che è un concime radicale a base di fosfato di magnesio e acidi umici e fulvici, che attiva la distensione cellulare e favorisce la divisione cellulare, favorendo una emergenza più veloce e uniforme, sviluppo fogliare più rapido, accelerazione dei processi metabolici e fotosintetici, migliore assorbimento dei nutrienti, tenuta agli stress ambientali e aumento della massa radicale fino al 40%; la scannerizzazione delle radici in piante allo stadio di 5-6 foglie di piante derivate da seme non trattato ha evidenziato che la superficie radicale era di 25,5 cm<sup>2</sup>, mentre nel seme trattato con il Lumigen Premium Plus la superficie radicale era di 35 cm<sup>2</sup>.

Il repellente per uccelli è un estratto di magnolia che ha un forte odore, molto probabilmente però Pioneer ritornerà a utilizzare il Korit. In entrambi i casi però l'effetto di repellenza dura per pochi giorni perché appena il prodotto gasifica l'effetto sparisce. È quindi preferibile effettuare delle semine profonde, anche fino a 6 cm di profondità.

Per i cinghiali non c'è attualmente un prodotto chimico in commercio e nessuna tecnica agronomica utile; l'unico consiglio è quello di posticipare le semine cosicché i cinghiali hanno effettuato danni su altri appezzamenti e successivamente trovano del cibo anche nel loro ambiente naturale.

Tabella 1: Prodotti utilizzati da Pioneer (tra parentesi i prodotti commerciali)

	<b>Fungicida</b>	<b>Insetticida</b>	<b>Repellente</b>	<b>Biostimolante</b>
<b>&lt;1980</b>	Triazoli: Proticonazolo + Tebuconazolo (Redigo), Fludioxonil (Maxim/Celest)			
<b>1983</b>	Triazoli		Antraquinone (Morkit PB)	
<b>1996</b>	Triazoli	Imidacloprid (Gaucho), Fipronil (Regent), Tiamethoxam (Cruiser)		
<b>2007</b>	Triazoli	Clothianidin (Poncho)		
<b>2009</b>	Triazoli	Teflutrin (Force), Thiacloprid (Sonido)	Ziram (Korit)	
<b>2011</b>	Triazoli	Methiocarb (Mesurol)	Methiocarb (Mesurol)	
<b>2021</b>	Triazoli	Cyantraniliprol e (Lumiposa)	<i>Ziram</i> (Korit)	Solfato di magnesio, acidi umici e fulvici (Lumibio Kelta)

Nel corso degli anni la concia del seme di mais è cambiata spesso; inizialmente a partire dagli anni '80 l'unica copertura sul seme era un fungicida, di solito appartenente alla famiglia dei triazoli, che copriva gli eventuali attacchi di funghi del genere *Phytium* e *Fusarium*.

Negli anni successivi sono variate le composizioni della parte fungicida prediligendo dei prodotti più efficaci e persistenti.

La molecola Antraquinone è stata registrata nel 1983 e usata efficacemente come repellente per uccelli, ma come copertura insetticida si utilizzavano solo prodotti geodisinfestanti granulari distribuiti con il microgranulatore nel solco vicino al seme. Seguirono prodotti molto efficaci come repellenti degli uccelli come Zhiram (Korit) e Methiocarb (Mesurol) – quest'ultimo sospeso nel 2016 – e oggi prodotti disabituanti a base di olio di magnolia.

Solamente 15 anni dopo, nel 1995, sono stati affiancati ai precedenti prodotti tre insetticidi sistemici, della famiglia dei neonicotinoidi, dai nomi commerciali di Gaucho, Regent e Cruiser; questi hanno portato ad un'eccellente copertura del seme nei confronti di elateridi, nottue e afidi, considerando anche una persistenza di varie settimane molto importante man mano che si diffondeva in tutti gli ambienti la semina anticipata.

Nel 2007 arrivava la concia sistemica per combattere la diabrotica, l'efficacissimo Poncho (p.a. Clothianidin), purtroppo le pressioni da parte di alcuni addetti al settore primario, muovendo anche le sensibili corde dell'opinione pubblica disinformata dei fatti, hanno portato al veto successivo di queste 4 conce con neonicotinoidi.

Nel 2009 si iniziava quindi ad utilizzare piretroidi (p.a. teflutrin) e un neonicotinoide (p.a. thiacloprid, nome commerciale Sonido) che sicuramente hanno fatto registrare una minore efficacia dovuta ad una minore persistenza.

Infine, nel 2021 Corteva registra il prodotto Lumiposa, insetticida a base del p.a. Cyantraniliprole, unico insetticida sistemico che combatte elateridi e nottua promuovendo gli insetti pronubi.

### **3.3 Dekalb**

Dekalb è un marchio e ad oggi fa parte del gruppo Bayer, però ha origine americane (azienda Asgrow); negli anni 2000 è passata alla Monsanto e nel 2017 a Bayer.



Il marchio Dekalb ricopre solo i prodotti sementieri, quindi la genetica e i prodotti concianti; invece, tutta la parte del *crop protection* è del marchio Bayer. La tecnologia usata è **Acceleron** che comprende una serie di possibilità c'è **Acceleron standard** che è composto da fungicida e biostimolante, poi **Acceleron standard + Korit** che in aggiunta ha il repellente per uccelli, e infine **Acceleron Elite** che è composto dal fungicida, dal biostimolante e dall'insetticida.

Il fungicida usato è il Redigo M (*Prothioconazolo* e *Metalaxy*) che protegge da *Fusarium* spp. e *Pythium* spp. Il biostimolante è il B360 che contiene lipochitooligosaccaridi (fattori MIC) che stimolano la germinazione delle spore delle micorrize, le cui ife possono penetrare all'interno della parete cellulare ed iniziare a colonizzare la radice della pianta: questo permette di aumentare il volume funzionale della radice e la pianta riesce ad avere a disposizione più acqua e micronutrienti.

Il repellente per uccelli è il Korit che richiede una complessa gestione del seme; tutte le aziende sementiere lo tengono in misura contingentata per cui non c'è una disponibilità elevata e porta a problemi di movimentazione del seme. Il reso dell'anno non può essere utilizzato l'anno successivo e va smaltito come rifiuto speciale che porta a dei costi aggiuntivi all'azienda, perché gli operatori non possono maneggiare il seme trattato con il Korit.

L'insetticida usato è il Force 20 CS a base di teflutrin.

Dekalb nella concia utilizza anche un pellicolante in tutti i tipi di concia, questo migliora la scorrevolezza, cioè la semina in questo caso è più precisa, perché il seme scorre meglio all'interno dell'elemento di semina e questo evita i doppi e le fallanze; in aggiunta questo permette di migliorare la semina con seminatrici tarate non correttamente nei riguardi del depressore in base alla velocità di avanzamento e ai giri motore del trattore.

Le varietà che vengono coltivate come mais biologico devono essere registrate in una lista di equivalenza del decreto ministeriale 151/30 del 24 febbraio 2017 anno per anno e non vengono trattate con nessun prodotto/fitofarmaco.

Per il futuro tutti i prodotti chimici sono destinati ad avere delle revisioni, quello più in dubbio è il Korit, però Dekalb ha già una nuova concia, un estratto che è ancora in fase di studio e non viene attualmente dichiarato.

Un altro aspetto innovativo potrebbe essere l'elevata densità di semina, dove gli ibridi Dekalb riescono a sopportare bene gli stress legati alla competizione tra le piante, associata alla concimazione a rateo variabile, che portano ad un incremento della produzione.

Infine, il mais GM porterebbe un vantaggio contro gli stress ambientali, un vantaggio considerevole per la Pianura Padana per la riduzione delle micotossine dovute ad un aumento di protezione contro gli insetti, soprattutto in caso di siccità.

### **3.4 Syngenta**

Syngenta è una società svizzera ed è nata nel 2000 dalla fusione di Novartis Agribusiness e Zeneca Agrochemicals. Da qualche anno è stata acquisita da ChemChina.

Syngenta propone una concia standard che è composta dal fungicida **Redigo M** (p.a. Protioconazolo + Metalaxyl) e dal principio attivo di origine chimica Sedaxane (nome commerciale Vibrance) che funge da protettivo e anche con attività secondaria biostimolante, stimolando lo sviluppo della radice quindi permettendo di avere un precoce affrancamento della coltura, miglior assorbimento dei nutrienti e maggiore tolleranza alle condizioni di stress.

Vi sono poi formule di concia più complete, che vanno incontro alle esigenze di mercato; quindi, si può avere la concia anche con l'insetticida Force 20 CS (p.a. Teflutrin) contro gli elateridi essenzialmente; tuttavia, se c'è un attacco importante di elateridi si deve attuare la rotazione delle colture, altrimenti molte aziende acquistano seme con concia standard e distribuiscono il geodisinfestante granulare con il microgranulatore della seminatrice, in modo da avere una difesa maggiore.

Come repellente per gli uccelli viene utilizzato il classico Korit (p.a. Ziram), però anche Syngenta sta cercando di sostituirlo, anche se al momento però non c'è nulla di commerciale.

Nel caso del seme biologico non è trattato con nessuna concia.

Non tutti gli ibridi vengono conciatati con tutti i tipi di concia; tuttavia, in alcuni casi se si vuole il repellente per uccelli si devono scegliere solo certi ibridi a disposizione e non possiamo avere una concia con fungicida, insetticida biostimolante e repellente per uccelli perché diverrebbe una concia troppo costosa, e inoltre troppe sostanze insieme non si usano. In molti casi si preferisce prendere la concia con il Korit e si distribuisce l'insetticida Force con la seminatrice; di solito le aziende che chiedono la concia con l'insetticida, non hanno il microgranulatore sulla seminatrice oppure si mette il concime al posto dell'insetticida, inoltre alcune aziende non vogliono che i propri dipendenti maneggino l'insetticida. Infine, le aziende che sono in Misura 10 della PAC non possono usare i granulari ma posso usare la concia insetticida nella semente.

### **3.5 KWS**

La KWS è una ditta sementiera di origine tedesca che ha circa 160 anni ed è in Italia da 60 anni; è di proprietà degli eredi delle famiglie che l'hanno originata; pertanto, ci tiene a mantenere il focus sulle sementi; infatti, al posto di investire sulla chimica ha deciso di investire sulle sementi delle orticole.

KWS sta puntando sempre meno sulle concie chimiche, perché non essendo produttori di prodotti chimici non hanno interesse ad utilizzarli, come altre ditte sementiere.

KWS mette a disposizione due concie per gli agricoltori, **Initio Bird Protect** che è composta da un fungicida, da un biostimolante e una protezione per uccelli, e **Initio Pro** che ha anche l'insetticida.

Il fungicida utilizzato è il Redigo M, l'insetticida è il Force 20 CS, il biostimolante si chiama Initio e si basa su una combinazione di:

-Zinco e manganese, che migliorano la formazione delle pareti cellulari, la stabilizzazione delle membrane, le difese contro i patogeni, aumentano la resistenza agli stress nelle prime fasi di sviluppo e favoriscono la crescita e lo sviluppo delle radici.

-Acidi umici, che portano ad apparati radicali più profondi e sviluppati (soprattutto quelle secondarie) e aumenta l'assorbimento dei nutrienti da parte delle radici.

-Microorganismo fosfato-mobilizzatore (*Bacillus megaterium*) rende efficiente l'assorbimento dei nutrienti, soprattutto del fosfato che è utilizzabile ad una temperatura maggiore e uguale a 3 °C.

KWS ha confrontato del seme trattato con Initio con del seme non trattato e hanno notato che quello trattato dopo 13 giorni dalla emergenza aveva uno sviluppo (accumulo di s.s.) superiore del 15% rispetto al controllo non trattato.

La protezione degli uccelli si basa sul Bitrex (Benzoato di denatonio, sale quaternario noto come sostanza la più amara al mondo) che ha una funzione di dissuasione nei confronti degli uccelli, che preferiscono allontanarsi e cibarsi di altro, inoltre questa molecola non è di origine chimica, non ha nessun impatto nell'ambiente e negli uccelli ed è sicura per gli operatori che maneggiano la semente, il seme trattato può essere utilizzato anche negli anni successivi, non avendo nessun impatto sulla germinabilità.

Questa sostanza è utilizzata dal 2021 ed è molto efficace, cioè l'uccello inizialmente mangia lo stesso il seme però si sposta su cibo più appetibile, prima invece anche KWS utilizzava il Korit.

In un'ottica futura si potrebbero utilizzare delle nuove tecniche (breeding) di miglioramento genetico che permettono di attivare o disattivare dei geni all'interno del DNA che possono essere utili o meno utili e non si basano sull'inserimento di un gene esterno come nel caso del mais BT dove è stato inserito un gene di *Bacillus thuringiensis*. Si auspica di guidare il miglioramento genetico e velocizzare questo processo, ottenendo grandi miglioramenti (come piante di mais che utilizzano meglio l'acqua, l'azoto o resistenti a delle malattie) per cui si potrebbero mantenere dei prodotti tipici italiani apportando dei miglioramenti genetici.

### 3.6 Confronto tra ditte sementiere

Tabella 2: prodotti utilizzati dalle ditte sementiere

Ditte	Fungicida	Insetticida	Repellente	Biostimolante
<b>Mas Seeds</b>	Redigo M	Force 20 CS e Lumiposa	Korit	Acidi umici e fulvici
<b>Pioneer</b>	Redigo M	Lumiposa	Estratto di magnolia	Lumibio Optima (acidi umici e fulvici)
<b>Dekalb</b>	Redigo M	Force 20 CS	Korit	B360 (fattori di micorizzazione)
<b>Syngenta</b>	Redigo M	Force 20 CS	Korit	Vibrance (fungicida con effetto biostimolante secondario)
<b>Kws</b>	Redigo M	Force 20 CS	Prodotto BITREX	Combinazione Initio (Zn+Mn, Acidi umici e fulvici, <i>Baccillus megaterium</i> )

Come possiamo vedere dalla tabella tutte le ditte sementiere utilizzano il Redigo M come principale fungicida.

Tabella 3: Fungicida utilizzato dalle ditte sementiere

Fungicida	Principio attivo	Sistemia	MOA (mode of action)	Bersaglio	Tempo di carenza
Redigo M	<i>Prothioconazolo</i> (9,3 g/ 100 g di prodotto)	Sistemico	Inibitore della sintesi dell'ergosterolo	Controlla le Fusariosi ( <i>Fusarium</i> spp., <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> ) e la Moria dei seminativi ( <i>Pythium</i> spp.)	Nessuno
	<i>Metaxyl</i> (1,9 g/ 100 g di prodotto)	Sistemico	Inibitore della biosintesi degli acidi nucleici	Controlla le Fusariosi ( <i>Fusarium</i> spp., <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> ) e la Moria dei seminativi ( <i>Pythium</i> spp.)	Nessuno

Come insetticida quasi tutte le ditte utilizzano il Force 20 CS a base del p.a. Teflutrin, ad eccezione della Pioneer che utilizza il Lumiposa a base del p.a. Cyantraniliprole, e della Mas Seeds che utilizza entrambi. La differenza maggiore è che il Force non è sistemico, crea una protezione attorno al seme contro le nottue, gli elateridi e le larve di diabrotica, mentre il Lumiposa è sistemico, offre una protezione all'intera pianta fino allo stadio di 4-5 foglie contro nottue ed elateridi, mentre non ha quasi nessun effetto sulle larve di diabrotica.

Inoltre, esistono tre tipi di forze che si distinguono per la concentrazione della sostanza attiva (*Teflutrin*).

Tabella 4: Insetticidi utilizzati dalle ditte sementiere

Insetticida	Principio attivo	Sistemia	MOA (mode of action)	Bersaglio	Tempo di carenza
<b>Force 20 CS</b>	<i>Teflutrin</i> (18.9 g/100 g di prodotto)	Non sistemico	Il prodotto si diffonde in fase di vapore attorno al seme creando una sorta di barriera contro gli insetti; infatti, blocca il sistema nervoso dell'insetto (inibizione del canale del sodio) interrompendo la conduzione nervosa e causando la cessazione dell'alimentazione e quindi la morte del parassita che è entrato in contatto con l'insetticida	Controlla gli elateridi ( <i>Agriotes</i> spp.)	Nessuno

Tabella 5: Confronto tra i vari tipi di insetticida Force

<b>Tipi di Force</b>	<b>g di sostanza attiva su 100g di prodotto</b>	<b>g di sostanza attiva ad ettaro</b>	<b>Dose di prodotto commerciale</b>
<b>Force</b>	0,5	100	20 kg/ha
<b>Force Ultra</b>	1,5	180	12 kg/ha
<b>Force 20 CS</b>	18,9	15	75 mL/75.000 semi, i.e. ha <sup>-1</sup>

Dalla tabella si nota che il seme conciato con il Force 20 CS si distribuisce 15 g di sostanza attiva per ettaro in concia del seme; mentre nel caso si usi il microgranulatore della seminatrice per distribuire l'insetticida si può utilizzare il Force (Teflutrin 0,5 g/100 g di prodotto) ad una quantità di 20 kg/ha distribuendo 100 g di sostanza attiva per ettaro, oppure utilizzando il Force Ultra (Teflutrin 1,5 g/ 100 g di prodotto) con un dosaggio di 12 Kg/ha si distribuiscono 180 g di sostanza attiva per ettaro. Quindi utilizzando il Force 20 CS in concia si ha una riduzione drastica della sostanza attiva distribuita.

Il repellente per uccelli è il Korit per 3 ditte, mentre la Pioneer utilizza estratto di magnolia ma dall'anno prossimo ritornerà ad utilizzare anche il Korit, mentre KWS utilizza il Bitrex a base di benzoato di denatonio. Nessuno di questi 3 prodotti offre una copertura certa contro gli uccelli, però nel caso del seme trattato con il Korit, esso crea dei problemi di maneggevolezza da parte degli operatori e non può essere utilizzato negli anni successivi; quindi, alcune ditte stanno cercando delle sostanze naturali come sostituto, anche perché attualmente il Korit si può utilizzare fino al 2023.

Infine, per i biostimolanti quasi tutte le ditte utilizzano degli acidi umici e fulvici con l'aggiunta di particolari microelementi; Syngenta sfrutta l'attività secondaria biostimolante del p.a. Sedaxane (nome commerciale Vibrance) (Dal Cortivo et. al., 2017).

Nessuna ditta ha a disposizione un prodotto veramente efficace contro i cinghiali.



## CONCLUSIONI

Il mondo agricolo negli ultimi decenni ha puntato sempre più verso tecniche sostenibili; utilizzando ed integrando risorse naturali allo scopo di migliorare la fertilità del suolo, favorendo un uso più efficiente dell'acqua, aumentando la biodiversità delle specie vegetali coltivate e degli animali allevati, proteggendo la biodiversità nei suoli e negli ambienti.

In tal modo le maggiori ditte sementiere stanno mirando a produrre sementi di mais con concie con un minore impatto ambientale così da salvaguardare il suolo, i vegetali e gli animali.

La continua variazione della disponibilità dei prodotti chimici che possiamo usare come concia per la semente di mais, implica dover identificare prodotti chimici sempre nuovi che impattino meno sull'ambiente e che eventualmente possano essere sostituiti con prodotti di origine naturale. Un altro grosso problema pone in evidenza il fatto che il prodotto uscente e non più utilizzabile ha un'efficacia più alta rispetto al suo sostituto, come nel caso degli insetti, dove i neonicotinoidi sono stati sostituiti con il Force (p.a. Teflutrin) o il Luminosa (p.a. Cyantraniliprole) e anche nel caso dei repellenti per uccelli, dove il Mesuroil (p.a. Metiocarb) è stato sostituito con il Korit (p.a. Ziram), con estratti di magnolia o con il Bitrex.

Nel caso dei biostimolanti è stato fatto un passo in avanti, perché fino a pochi anni fa non si utilizzavano, ora ogni ditta utilizza dei biostimolanti anche sulle concie standard, in modo che tutto il mais seminato riesca ad avere una partenza migliore soprattutto se le condizioni meteorologiche all'inizio dell'emergenza e con semina anticipata sono sfavorevoli.

Anche nel caso dei biostimolanti si possono apportare dei miglioramenti, infatti ogni ditta varia la sua concia biostimolante molto spesso, aggiungendo o cambiando alcune sostanze così da ottenere un'efficacia maggiore.

Le nuove sfide da affrontare per la concia delle sementi sono quelle di ottenere un prodotto di origine naturale efficace contro gli uccelli e un prodotto utile alla lotta contro i cinghiali e altri mammiferi.

## BIBLIOGRAFIA

### Documenti scientifici

- Agbodjato, NA, Assogba, SA, Babalola, OO, Adjanohoun, A., Baba-Moussa, L., (2022). Formulation of Biostimulants Based on Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Maize Growth and Yield. *Frontiers in Agronomy* 4,894489.
- Baldotto, M.A., Melo, R.O., Baldotto, L.B., (2021). Initial development of maize in response to different periods of seed immersion in humid acid (HA). *Australian Journal of Crop Science* 15(10), pp.1259-1262.
- Blandino, M., Broglia, S., Lencia, G., Zappino, A., Reyneri, A., (2019). Piu resa dal mais con la concia innovativa. *L'informatore Agrario*, 6/2019, pp.66.
- Bonmatin, J.M., Marchand, P.A., Charvet, R., Bengsch, E.R., Colin, M.E. (2005). Quantification of imidacloprid uptake in maize crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(13), pp. 5336-5341.
- Dal Cortivo C., Conselvan G.B., Carletti P., Barion G., Sella L., Vamerali T., (2017). Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 8 (2017), pp. 1-11.
- Esther, A., Tilcher, R., Jacob, J., (2013). Assessing the effects of three potential chemical repellents to prevent bird damage to corn seeds and seedlings. *Pest Management Science* 69(3), pp. 425-430.
- Furlan, L., Canzi, S., Toffoletto, R., Di Bernardo, A., (2007). Effetti sul mais della concia insetticida del seme. *L'informatore Agrario*, 5/2007, pp.92-96.
- Furlan, L., Caciagli, P., Causin, R., Di Bernardo, A., (2009). Il seme di mais va protetto solo quando serve davvero. *L'informatore Agrario*, 5/2009, pp. 36-45.
- Furlan, L., Chiarini, F., Bottazzo, M., Codato, F., Signorini, A., (2020). Danni da uccelli su mais: strategie di difesa integrata. *L'informatore Agrario*, 1/2020, pp.80-85.

- Girolami, V., Marzaro, M., Vivan, L., Marton, D., Tapparo, A. (2012). Fatal powdering of bees in flight with particulates of neonicotinoids seed coating and humidity implication. *Journal of Applied Entomology* 136(1-2), pp. 17-26.
- Girolami, V., Marzaro, M., Vivan, L., Marton, D., Tapparo, A. (2013). Aerial powdering of bees inside mobile cages and the extent of neonicotinoid cloud surrounding corn drillers. *Journal of Applied Entomology* 137(1-2), pp.35-44.
- Greatti, M., Barbattini, R., Stravisi, A., Sabatini, A.G., Rossi, S. (2006). Presence of the a.i. imidacloprid on vegetation near corn fields sown with Gaucho® dressed seeds. *Bulletin of Insectology* 59(2), pp. 99-103.
- Hairston, B. (2013). The evolution of modern seed treatments. *Outlooks on Pest Management* 24(4), pp.184-186.
- Lira, A.C.D., Mascarin, G.M., Delalibera Júnior, Í. (2020). Microsclerotia production of *Metarhizium* spp. for dual role as plant biostimulant and control of *Spodoptera frugiperda* through corn seed coating. *Fungal Biology* 124(8), pp. 689-699.
- Pathak, V., Ambrogio, RPK. (2020). Starch-based biodegradable hydrogel as seed coating for corn to improve early growth under water shortage. *Journal of Applied Polymer Science* 137(14), 48523.
- Shabatukon, A., Khromova, L. (2021). Integrated protection system against progressive corn diseases. *E3S Web of Conferences* 262, 01015.

### **Sitografia**

- AgroNotizie (2022). Mais e danni da uccelli: le strategie di difesa.  
<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/2022/01/19/mais-e-danni-da-uccelli-le-strategie-di-difesa/73754>
- AgroNotizie (2017). Bioplastica e funghi, ecco il futuro della concia.  
<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2017/06/30/bioplastica-e-funghi-ecco-il-futuro-della-concia/54745>
- AgroNotizie (2021). Concia del seme: non solo difesa, anche precisione.  
<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/01/13/concia-del-seme-non-solo-difesa-anche-precisione/68860>

- Assomais (2022). Difesa dalle avversità.  
<http://www.assomais.it/difesa-dalle-avversita/>
- Assomais (2022/A). Caratteristiche del mais.  
<http://www.assomais.it/caratteristiche-del-mais/>
- Fitogest (2018). Marciume da Pythium.  
<https://fitogest.imaginenetwork.com/it/malattie-piante/malattie-parassiti/funghi/marciumi-dei-frutti/marciume-da-pythium/1490>
- Il Nuovo Agricoltore (2021). Mais, con i biostimolanti si riduce l'apporto di azoto.  
<http://www.ilnuovoagricoltore.it/mais-con-i-biostimolanti-si-riduce-lapporto-di-azoto/>

### **Testi scientifici**

- Guido Baldoni, (2021). COLTIVAZIONI ERBACEE. Libreriauniversitaria.it
- Amicabile S. (2016). MANUALE DI AGRICOLTURA. Hoepli Editore.

### **Interviste**

- Tecnico Mas Seeds: Luca Minelli
- Tecnico Pioneer: Ermanno Zeffiro
- Tecnico Dekalb: Alessandro Ghiraldini
- Tecnico Syngenta: Alessandro Ghidoni
- Tecnico Kws: Giuseppe Carli

