



# LA CONSERVAZIONE ECOSOSTENIBILE DEI CEREALI

Un sistema in atmosfera controllata di azoto testato dal Crisba può ridurre l'impatto ambientale

DI: **Lorenzo Moncini<sup>1</sup>, Giampaola Pachetti<sup>1</sup>, Sabrina Sarrocco<sup>2</sup> e Giovanni Vannacci<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro ricerche Crisba - Isis "Leopoldo II di Lorena" - Grosseto

<sup>2</sup>dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e agro-ambientali, Università di Pisa - Pisa

**IL SISTEMA È STATO SPERIMENTATO SU MAIS E ALTRI CEREALI VERIFICANDO L'EFFETTO SU CARATTERISTICHE QUALITATIVE E NELLA PREVENZIONE DELLE PATOLOGIE DEL POST RACCOLTA. A BREVE INIZIERANNO LE NUOVE SPERIMENTAZIONI SUL GRANO**

Il Crisba (Centro ricerche strumenti biotecnici nel settore agricolo) dell'Istituto Superiore Isis "Leopoldo II di Lorena" di Grosseto, è un Centro Ricerche attivo nella sperimentazione scientifica in ambito agro-ambientale ([www.crisba.eu](http://www.crisba.eu)) che, alla costante ricerca di strumenti eco-compatibili per il settore, ha focalizzato il proprio interesse principalmente sulla filiera cerealicola, spaziando dalle sperimentazioni in pieno campo all'esecuzione di analisi per il monitoraggio delle contaminazioni da micotossine su granella e derivati. A questo proposito il team di ricerca si è occupato recentemente della fase intermedia del processo produttivo testando un sistema innovativo per la conservazione dei cereali in atmosfera controllata di azoto.



### **Il sistema di conservazione**

Nella filiera produttiva lo stoccaggio non rappresenta un momento "statico" e privo di rischi, bensì un periodo nel quale molti fattori influenzano la qualità e la salubrità del cereale, soggetto a fenomeni di degradazione aerobica, all'attacco di insetti infestanti e di patogeni del post-raccolta, fra cui funghi produttori di micotossine che sono sostanze altamente pericolose per la salute umana e animale.

Per prevenire questa perdita di qualità si può ricorrere a strategie come la refrigerazione, con un impatto notevole sulla sostenibilità economica e ambientale del processo, oppure all'utilizzo di tecniche di atmosfera controllata. Quest'ultime impiegano l'anidride car-

bonica o l'azoto in sostituzione dell'ossigeno nell'ambiente di conservazione del cereale, contrastando così sia i processi di degradazione aerobica delle granaglie che lo sviluppo di insetti infestanti e di gran parte dei microrganismi patogeni, compresi i micotossigeni. Proprio per la difesa dai parassiti del post-raccolta negli ultimi anni le atmosfere controllate hanno avuto un crescente interesse, grazie ai numerosi vantaggi in termini di sicurezza alimentare e ambientale, rispetto al ricorso ai trattamenti chimici disinfestanti con prodotti come le fosfine.

L'atmosfera controllata si è posta come un'alternativa a basso impatto ambientale per la gestione tradizionale dello stoccaggio o addirittura come una delle poche soluzioni

tecniche percorribili nel caso delle produzioni biologiche, per le quali è vietato il ricorso al trattamento con i pesticidi. I gas utilizzati nelle atmosfere controllate sono inerti, sicuri per l'ambiente e per gli operatori, meno soggetti ad innescare fenomeni di resistenza acquisita negli organismi bersaglio e non lasciano residui nei cereali trattati.

Quanto all'eco-compatibilità l'azoto, rispetto all'anidride carbonica, non rappresenta un "gas-serra" né prevede limiti di esposizione professionale negli ambienti di lavoro. Sulla base di queste considerazioni il Crisba ha testato l'efficacia di un sistema, brevettato dalla Eurosider sas di Ottavio Milli (*n. brevetto 0001352891*), per la conservazione in silos dei cereali con atmosfera controllata di azo-

to. Il metodo prevede la separazione del gas dall'aria atmosferica, mediante un sistema di membrane che ne operano il frazionamento per permeazione selettiva; l'azoto viene poi erogato all'interno di silos a tenuta nei quali rimane in leggera sovrappressione.

I parametri ambientali di conservazione, registrati da apposite sonde, sono visualizzati su monitor, da cui viene impostata anche la percentuale di azoto da mantenere automaticamente all'interno dei silos (figura 1). Dopo una prima fase "di carico" ad inizio stoccaggio, l'erogazione in sito dell'azoto avviene perciò in discontinuo, con dei rapidi reintegri all'occorrenza che limitano i costi d'esercizio del sistema. Questo tipo d'impiantistica è applicabile a silos di varia dimensione, con volumi stoccati che possono variare dai pochi metri cubi dei minisilos d'uso aziendale alle migliaia tipiche dei silos utilizzati nei centri di stoccaggio.

### La sperimentazione

Il Crisba ha testato la conservazione in azoto applicata a minisilos, che hanno replicato le performance dell'impianto su scala di laboratorio. Sono stati utilizzati 6 diversi minisilos da circa 50 Kg di capacità ciascuno (figura 2), tre dei quali dotati del sistema per la conservazione dei cereali in atmosfera al 98,5% d'azoto (silos azoto; figura 3) e tre privi (silos testimone), così da confrontare lo stoccaggio in atmosfera controllata con quello effettuato tradizionalmente. La sperimentazione, in replicate, ha previsto la conservazione per 7 mesi di granella di mais fornita dal Consorzio agrario della Maremma Toscana e dal Consorzio agrario dell'Emilia (figura 4). Per la prova è stato scelto il mais in quanto particolarmente soggetto alla contaminazione da *Aflatossina B1*, una "sostanza cancerogena per l'uomo" (classificazione IARC-Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro). La prova ha preso in esame granella della campagna 2015, campionando il cereale a varie profondità e a diversi intervalli di tempo di conservazione. I campioni sono stati sottoposti ad analisi valutando il grado di contaminazione da *Aflatossina B1* e le caratteristiche merceologiche del cereale. Infine è stato anche indagato l'effetto del sistema sulla sopravvivenza di insetti infestanti delle derrate, primo fra tutti il *Punteruolo dei cereali* (*Sitophilus sp.*).



Figura 2 - I sei minisilos impiegati nella sperimentazione; nella parte destra della foto è visibile l'unità che contiene il filtro a membrane per la separazione dell'azoto dall'aria

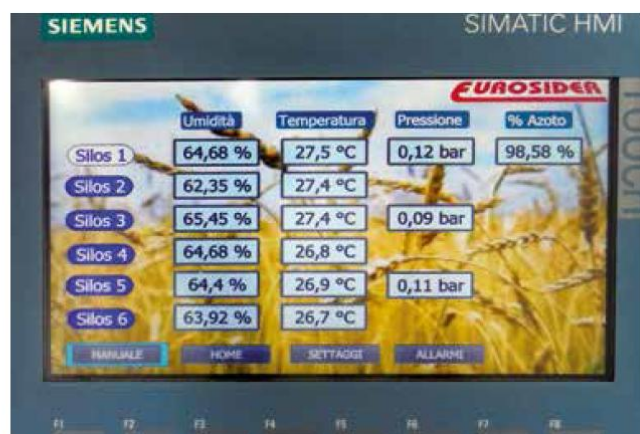


Figura 1 - L'impianto monitora i parametri di conservazione e consente di impostare la percentuale di azoto che si desidera mantenere automaticamente all'interno dei silos.

### La contaminazione da micotossine

In letteratura scientifica numerosi autori hanno rilevato, per i cereali conservati in atmosfera controllata di azoto, un'inibizione della crescita (effetto fungistatico) o una minor produzione di micotossine da parte di patogeni del post-raccolta. Ciò è stato da spunto per verificare

l'effetto del brevetto Eurosider sul rischio di contaminazione da *Aflatossina B1* su granella di mais al 13% di umidità iniziale, tal quale o in presenza di "spot di umidità" che simulassero una situazione predisponente lo sviluppo di funghi micotossigeni.

Gli esperimenti sono stati condotti confrontando la conservazione tradizionale e quella in atmosfera controllata, con tre intervalli di campionamento (15, 45 e 120 giorni di stoccaggio). In totale sono state effettuate 65 sedute analitiche, analizzando i campioni di mais con un saggio immunoenzimatico di grande attendibilità, detto test-Elisa (*B Zero Aflab1* di Tecna srl), capace di quantificare l'eventuale contaminazione da *Aflatossina B1*. Dalla serie di analisi svolte sono state tratte prime indicazioni positive circa l'assenza di campioni contaminati in atmosfera controllata di azoto. Questi risultati dovranno essere confermati sul lungo periodo di conservazione e correlati da prove d'inoculazione artificiale con ceppi fungini micotossigeni. Al proposito, presso l'Università di Pisa, dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e agro-ambientali, sono attualmente in corso esperimenti che hanno l'obiettivo di valutare l'effetto dell'atmosfera controllata di azoto sulla crescita e sulla produzione di micotossine da parte di funghi patogeni dei cereali. In particolare sono stati scelti isolati di *Fusarium graminearum* e *Fusarium langsethiae*, entrambi patogeni del frumento e produtt-

tori rispettivamente di *Deossivalenolo* e *Tossine T2* e *Ht2*, e isolati di *Fusarium verticillioides* e *Aspergillus flavus*, produttori rispettivamente di *Fumonisine* e *Aflatossine*. Le prime prove, volte a valutare l'effetto di un'atmosfera al 99% di azoto sulla crescita in piastra dei funghi fitopatogeni, ha dato risultati interessanti e significativi per tutti e quattro i funghi testati, che hanno mostrato una riduzione dell'accrescimento e della sporulazione, accompagnata da evidenti cambiamenti fenotipici. Nei prossimi mesi sono previste prove da condurre sugli stessi isolati, per valutare la capacità di produrre micotossine quando inoculati su granella di frumento e di mais conservata in atmosfera controllata di azoto.

### Le caratteristiche merceologiche

Ai vari intervalli di tempo della sperimentazione è stata determinata anche la variazione delle caratteristiche merceologiche della granella di mais stoccata (grazie alla collaborazione con Rita Redaelli e Michela Alfieri del *Crea-Bergamo Unità di Ricerca per la Maiscoltura*) analizzando: il peso ettolitrico delle cariossidi, umidità della granella e della farina ottenuta da queste, il contenuto in proteine, lipidi e amido nonché il contenuto in polifenoli solubili e la capacità antiossidante totale. Dai risultati è emersa una sostanziale equivalenza fra i due sistemi di stoccaggio per la



maggior parte dei parametri esaminati, eccezion fatta per l'umidità e la capacità antiossidante totale. Per quanto attiene l'umidità, dopo 120 giorni di conservazione in atmosfera di azoto si è potuto constatare una diminuzione della stessa di circa un punto percentuale rispetto al testimone, sia su granella che su

Figura 3 - Uno dei minisilos a tenuta con atmosfera controllata d'azoto: sul fondo si nota la valvola per l'immissione del gas, nella parte alta si distinguono invece una valvola per lo sfiato di sicurezza, un manometro e l'ingresso delle sonde con cui vengono rilevati i parametri di conservazione

farina. Ciò configura un effetto secondario del sistema molto interessante, con evidenti aspetti positivi nel rallentare i processi degenerativi fisiologici del cereale e nel concorrere a prevenire lo sviluppo di microrganismi patogeni. La capacità antiossidante totale (Total Antioxidant Capacity, Tac) è invece un valore sintetico sempre più considerato per la misura delle proprietà salutistiche di un alimento, poiché riflette la sua capacità di prevenire la formazione dei pericolosi radicali liberi. Trattandosi di un valore correlato ai fenomeni ossidativi, conservare una materia prima in un'atmosfera povera di ossigeno può contribuire al mantenimento della sua Tac intrinseca.

Questa considerazione ha trovato conferma nella sperimentazione svolta: il mais stoccato in silos con atmosfera arricchita di azoto ha mantenuto nel tempo una Tac mediamente superiore rispetto al testimone. Il dato preliminare, correlato ad una caratteristica qualitativa di crescente interesse da parte del consumatore, meriterà analisi di conferma che definiscano anche le singole molecole antiossidanti coinvolte nel mantenimento della Tac.

### Il controllo degli infetti infestanti

È stato indagato anche l'effetto del sistema di conservazione sulla sopravvivenza di insetti infestanti delle derrate (figura 4 e 5), con particolare riferimento al Punteruolo dei cereali (*Sitophilus sp.*). Il coleottero curculionide, fra i più temibili infestanti del post-raccolta, è in grado di attaccare granella intatta causando una perdita quantitativa e qualitativa di prodotto, che risulta esposto all'azione di altri insetti e di microrganismi patogeni. Le sperimentazioni sono state svolte in repliche utilizzando contenitori microforati con 70 grammi di mais e 20 adulti di punteruolo per ogni contenitore; una volta chiusi questi sono stati inseriti nella massa di cereale in stoccaggio

Figura 4 - Foto allo stereomicroscopio degli insetti infestanti presi in esame nelle prove sperimentali: a sinistra il Punteruolo dei cereali (*Sitophilus sp.*), a destra il Tribolio delle farine (*Tribolium sp.*).



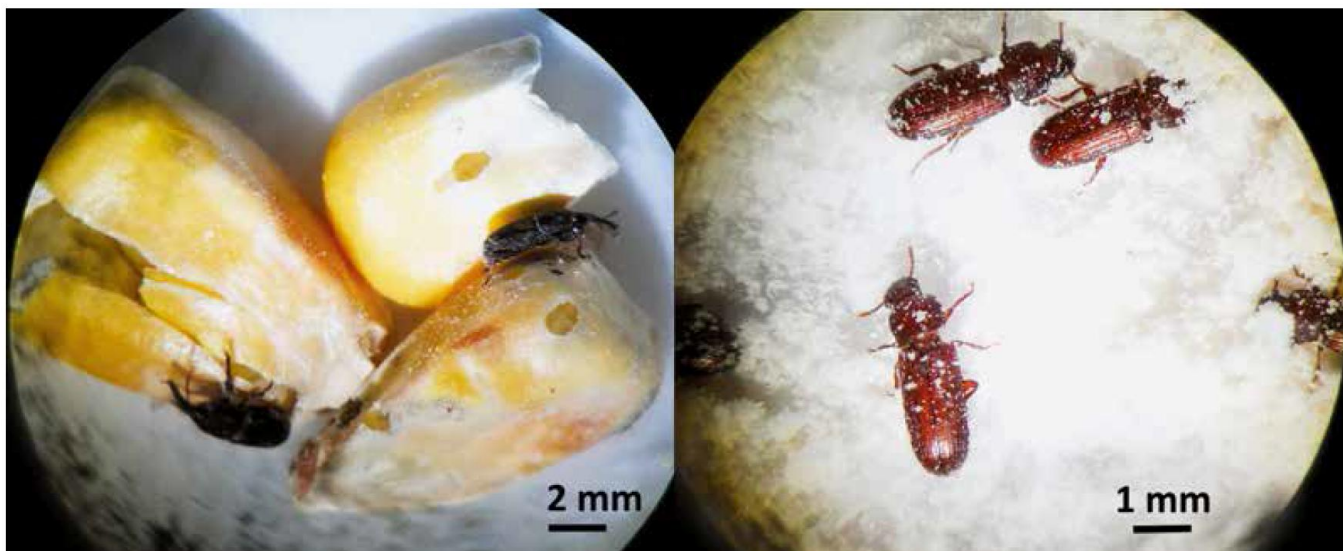


Figura 5 - Gli insetti delle derrate sulla matrice infestata fotografati allo stereomicroscopio: a sinistra il Punteruolo (*Sitophilus sp.*) su granella di mais e a destra il Tribolio (*Tribolium sp.*) su farina di grano tenero.

nei silos testimone e in atmosfera di azoto ed è stata quindi rilevata periodicamente la mortalità degli insetti. Per la prova sono state testate atmosfere a tre diverse concentrazioni di azoto: 90%, 95% e 98,5%. L'atmosfera al 90% è risultata inefficace, la popolazione di Punteruolo è rimasta infatti stabile come nei silos testimone. Viceversa nell'atmosfera al 95% e al 98,5% di azoto si è assistito a una progressiva mortalità degli

insetti, che è arrivata alla totalità degli stessi dopo pochi giorni di stoccaggio: 12 giorni per l'atmosfera al 95% e dopo soli 6 giorni per quella al 98,5%. Sul lungo periodo ciò si è riflesso anche sulla dinamica di popolazione dell'insetto: nel testimone dopo 80 giorni di conservazione il numero di adulti è raddoppiato rispetto al momento iniziale, causando la perforazione delle cariossidi, lo sviluppo di muffe sulle fessurazioni e una perdita di

prodotto sotto forma di farina di circa il 25% in peso (figura 6). Grazie alla collaborazione con Paolo Radeghieri dell'Università di Bologna, il CRISBA sta estendendo le ricerche anche a Tribolio delle farine (*Tribolium sp.*), un coleottero tenebrionide le cui infestazioni, nei cereali in fase di stoccaggio, intervengono solitamente dopo quelle del Punteruolo, prediligendo derrate polverulente e la farina in particolare. Dai primi esperimenti, condotti su farina di grano tenero ripetendo lo schema sperimentale visto prima, è stata registrata una mortalità del 100% dei Triboli adulti in appena 6 giorni di conservazione in atmosfera al 98,5% di azoto.

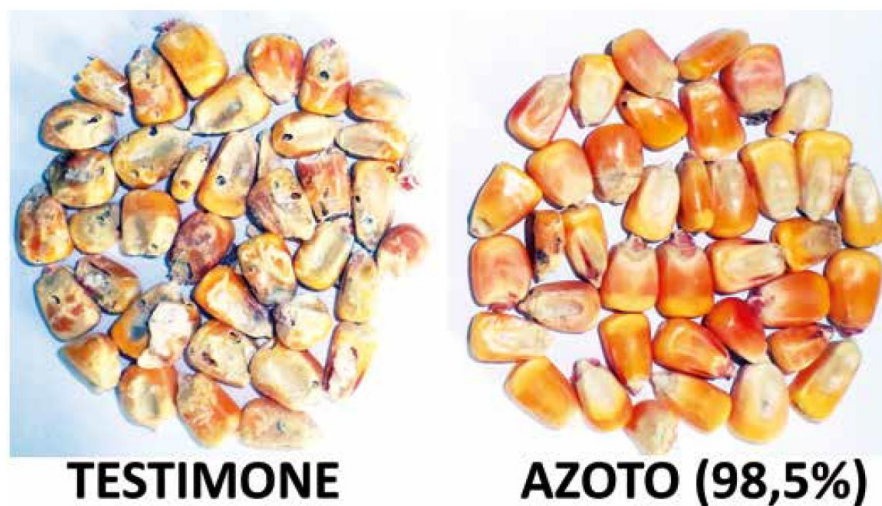


Figura 6- Granella di mais dopo 80 giorni in presenza di Punteruolo dei cereali (*Sitophilus sp.*): l'atmosfera controllata di azoto al 98,5% (a destra) ha determinato, dopo pochi giorni di conservazione, la morte della totalità della popolazione infestante, la granella appare perciò indenne e perfettamente conservata. Viceversa nei silos *Testimone* (a sinistra) gli insetti hanno perforato tutte le cariossidi sulle quali, come effetto secondario dell'infestazione, è evidente lo sviluppo di muffa.

### Mantenimento della qualità e prevenzione delle patologie

L'impianto per la conservazione in atmosfera controllata di azoto appare promettente per il mantenimento delle caratteristiche qualitative e per la prevenzione delle patologie del post-raccolta delle granaglie stoccate. La tecnica può essere considerata quindi un'alternativa ecocompatibile al trattamento delle derrate in conservazione con prodotti chimici disinfestanti. L'insieme delle evidenze raccolte sarà alla base di ulteriori ricerche che, prendendo in esame altri cereali, cercheranno di confermare i dati raccolti, correlandoli a valutazioni di natura economica per l'applicazione su larga scala del sistema di conservazione.