

Collana ideata
e coordinata da
Renzo Angelini



il mais

botanica

storia e arte

alimentazione

paesaggio



coltivazione

ricerca

utilizzazione

mondo e mercato

Collana ideata
e coordinata da
Renzo Angelini



il mais

-  botanica
-  storia e arte
-  alimentazione
-  paesaggio
-  coltivazione
-  ricerca
-  utilizzazione
-  mondo e mercato

COORDINAMENTO GENERALE

Renzo Angelini

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Tommaso Maggiore

COORDINAMENTO REDAZIONALE

Ivan Ponti

© Copyright 2007 Bayer CropScience S.r.l. - Milano



Script è un marchio editoriale di ART S.p.A. - Bologna

CREDITI

Le foto alle pagine 3 in basso a destra (Teresa Kenney), 6 a sinistra (Jo Ann Snover) e a destra (Douglas Mclaughlin), 17 (Annieannie), 24 (Teresa Kenney), 25 (Andrei Calangiu), 47 (Gary Allard), 88 in alto (Hdconnelly), 89 in basso (Ulia Taranik), 90 in basso (Ramon), 92 in alto (Robert Lerich), 92 in basso (Alex Staroseltsev), 93 (Mafoto), 290 in alto (Thomas Perkins), 291 in alto (Tadija Savic), 359 (Annieannie) sono dell'agenzia Dreamstime.com

L'Editore è a disposizione degli aventi diritto con i quali non gli è stato possibile comunicare, nonché per eventuali involontarie omissioni o inesattezze nella citazione delle fonti dei brani e delle illustrazioni riprodotti nel seguente volume.

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa in nessun modo o forma, sia essa elettronica, elettrostatica, fotocopie, ciclostile ecc., senza il permesso scritto di Bayer CropScience S.r.l.

REDAZIONE

Elisa Marmioli

PROGETTO GRAFICO E COPERTINA

Studio Martinetti - Milano

REALIZZAZIONE EDITORIALE



ART Servizi Editoriali S.p.A.
Bologna
www.art.bo.it

Finito di stampare in Italia nel mese di Dicembre 2007

s o m m a r i o

autori	V	macchine per la coltivazione	182
prefazione	VII	parassiti animali	204
presentazione	IX	malattie	220
ringraziamenti	XI	prevenzione micotossine	232
botanica	1	erbe selvatiche	238
morfologia e fisiologia	2	gestione delle malerbe	254
genetica e miglioramento	26	conservazione della granella	266
		parassiti da magazzino	276
		insilamento	284
storia e arte	45	ricerca	295
origine e diffusione	46	ricerca genetica	296
aspetti artistici	84		
alimentazione	105	utilizzazione	327
aspetti nutrizionali	106	usi zootecnici	328
ricette	112	usi industriali	362
		usi energetici	380
paesaggio	121	mondo e mercato	391
mais in Italia	122	importanza e diffusione	392
coltivazione	141	per saperne di più	425
tecnica colturale	142		
agricoltura di precisione	178		

a u t o r i

Stella Agostini

Istituto di Ingegneria Agraria
Università degli Studi di Milano

Paola Battilani

Istituto di Entomologia e Patologia Vegetale
Università Cattolica del Sacro Cuore
di Piacenza

Stefano Bocchi

Di.Pro.Ve.
Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi di Milano

Luigi Bodria

Istituto di Ingegneria Agraria
Università degli Studi di Milano

Gianfranco Bolognesi

Ristorante la Frasca
Castrocaro Terme (FC)

Andrea Brandolini

C.R.A. – SCV
Unità di Ricerca per la Selezione
dei Cereali e la Valorizzazione
delle Varietà Vegetali
S. Angelo Lodigiano

Aureliano Brandolini

Centro di Ricerca Fitotecnica
Bergamo

Giovanni Campagna

Centro di Fitofarmacia
Università degli Studi di Bologna

Carlo Cannella

Istituto di Scienza dell'Alimentazione
Università "La Sapienza" di Roma

Dario Casati

Dipartimento di Economia e Politica
Agraria, Agro-alimentare e Ambientale
Università degli Studi di Milano

Carlo Corino

Dipartimento di Scienze e Tecnologie
Veterinarie e per la Sicurezza Alimentare
Università degli Studi di Milano

Vittorio Dell'Orto

Dipartimento di Scienze e Tecnologie
Veterinarie e per la Sicurezza Alimentare
Università degli Studi di Milano

Marco Fiala

Istituto di Ingegneria Agraria
Università degli Studi di Milano

Carlo Lorenzoni

Istituto di Botanica e Genetica Vegetale
Università Cattolica del Sacro Cuore
di Piacenza

Tommaso Maggiore

Di.Pro.Ve.
Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi di Milano

Pierangelo Marconi

Roquette Italia S.p.A.
Cassano Spinola (AL)

Luigi Mariani

Di.Pro.Ve.
Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi di Milano

Adriano Marocco

Istituto di Agronomia Generale
e Coltivazioni Erbacee
Università Cattolica del Sacro Cuore
di Piacenza

Antonello Negri

Dipartimento di Storia delle Arti,
della Musica e dello Spettacolo
Università degli Studi di Milano

Aldo Pollini

Specialista fitopatologo
Imola (BO)

Gabriele Rapparini

Centro di Fitofarmacia
Università degli Studi di Bologna

Giovanni Riva

Dipartimento di Scienze Applicate
ai Sistemi Complessi
Università Politecnica delle Marche (AN)

Francesco Salamini

Di.Pro.Ve.
Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi di Milano

Giovanni Savoini

Dipartimento di Scienze e Tecnologie
Veterinarie e per la Sicurezza Alimentare
Università degli Studi di Milano

Luciano Süß

Istituto di Entomologia Agraria
Università degli Studi di Milano

Mauro Vecchiellini

DISTA - Dipartimento di Scienze
e Tecnologie Agroambientali
Università degli Studi di Bologna

Alberto Verderio

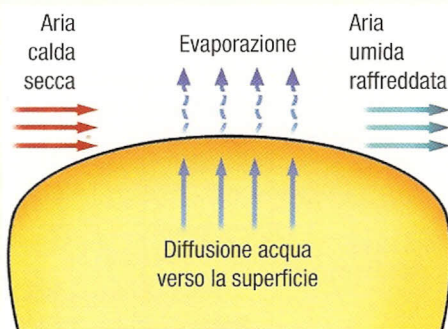
C.R.A. – MAC
Unità di Ricerca per la Maiscoltura
Bergamo

Pasquale Viggiani

DISTA - Dipartimento di Scienze
e Tecnologie Agroambientali
Università degli Studi di Bologna

Conservazione della granella

- Alla raccolta, la granella presenta valori di umidità dell'ordine del 27-30% che, in condizioni ambientali normali, porterebbe nel tempo a inevitabili processi fermentativi
- Il processo di essiccazione consiste nella asportazione di parte dell'acqua contenuta nella granella tramite ventilazione con una elevata massa di aria calda. L'obiettivo è portare la granella a una umidità non superiore al 14% che costituisce il limite dell'attività enzimatica. Al di sotto di tale valore, infatti, i fenomeni di fermentazione e respirazione vengono ridotti al minimo o annullati
- In tempi più recenti, si sono sviluppati processi di ventilazione/refrigerazione, consistenti nell'abbassare la temperatura della massa di granella al di sotto di determinati valori, tanto più bassi quanto più elevata è la sua umidità e più lungo è il tempo di conservazione previsto



Processo di essiccazione della cariosside

Conservazione della granella

Introduzione

Il mais, come molti altri prodotti di origine vegetale, per poter essere conservato senza incorrere in processi degenerativi, deve essere sottoposto a processi di stabilizzazione quali l'essiccazione e/o la refrigerazione.

Essiccazione

È un processo complesso che si basa sull'equilibrio igroscopico che viene a stabilirsi naturalmente fra l'umidità relativa dell'aria e quella del prodotto. L'aria, infatti, è composta da una miscela di diversi componenti gassosi con una certa quantità di acqua sotto forma di vapore, da cui la definizione termodinamica di aria umida. La quantità di acqua presente nell'aria umida è variabile, con valori crescenti all'aumentare delle condizioni di temperatura e pressione dell'aria stessa, fino a un valore massimo che definisce le condizioni di saturazione. Il rapporto fra la massa di vapore contenuta nell'aria e quella corrispondente alle condizioni di saturazione, definisce l'umidità relativa percentuale (UR%) dell'aria. Durante il processo di essiccazione il prodotto viene messo in contatto con una grande quantità di aria, nella quale la pressione parziale del vapore è inferiore alla tensione di vapore dell'acqua contenuta nella granella. Conseguentemente l'acqua presente nel prodotto passa dallo stato liquido a quello di vapore e viene asportata dall'aria di ventilazione, che va a incrementare il proprio contenuto di acqua fino a giungere, almeno teoricamente, alle condizioni di saturazione. Quindi, poiché riscaldandosi l'aria riduce la sua umidità relativa e risulta in grado di assorbire una maggiore massa di acqua, il processo di essiccazione avviene in genere ventilando la granella con aria riscaldata che viene successivamente espulsa, una volta raggiunti valori di umidità relativa il più possibile prossimi-

Foto Informatore Agrario



Moderno impianto di essiccazione della granella

mi alla saturazione. Per la scelta e il dimensionamento degli impianti di essiccazione vanno attentamente considerati tutti i parametri che condizionano il processo quali: la quantità di acqua da evaporare, la temperatura di essiccazione, la portata dell'aria di ventilazione, la capacità di evaporazione e il consumo di energia dell'impianto. Circa le temperature, non bisogna dimenticare che i livelli termici che i cereali possono sopportare senza subire processi di deterioramento delle loro qualità sono limitati. Nel caso del mais a destinazione alimentare, non bisogna superare i 55-60 °C nella fase iniziale del processo, allorché i valori elevati dell'umidità favoriscono l'inattivazione degli enzimi, mentre è poi possibile aumentare gradatamente la temperatura al progredire del processo, mano a mano che si riduce l'umidità del prodotto, fino a valori prossimi ai 100 °C.

Ciò non significa che la temperatura dell'aria debba mantenersi entro i valori sopra indicati. Essa, infatti, può raggiungere valori superiori ai 100 °C purché il tempo di contatto con la granella sia limitato, così da mantenere il cereale entro i limiti voluti. Più ridotti, invece, i limiti di temperatura per il mais destinato alla produzione delle sementi. Il mantenimento delle capacità germinative della semente, infatti, richiede che le cariossidi non giungano a temperature superiori ai 40 °C. Altro parametro di grande importanza è la portata dell'aria. Da un lato, quanto più questa è elevata (a parità di altri parametri) tanto più rapida è l'essiccazione, dall'altro, però, il breve tempo di contatto fra aria e granella non consente alla prima di sfruttare completamente la propria capacità di assorbimento dell'acqua e raggiungere le condizioni di saturazione. Il grado di sfruttamento delle capacità di evaporazione dell'aria (espresso in grammi di acqua asportabile da ogni chilogrammo di aria) è il parametro che indica l'efficienza del processo.

Quantità di acqua da asportare

- La quantità di acqua da asportare dipende dalla differenza fra l'umidità iniziale (U_i ; %) della granella e l'umidità finale (U_f ; %) necessaria per la conservazione. Essa è espressa dalla differenza fra massa del prodotto prima e dopo l'essiccazione, riferita alla tonnellata di prodotto fresco, oppure essiccato. Nel primo caso, la quantità di acqua da evaporare per tonnellata di prodotto fresco risulta:

$$M^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \times 1000$$

mentre, nella seconda ipotesi, la quantità di acqua da evaporare per tonnellata di prodotto essiccato è pari a:

$$M^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{U_i - U_f}{100 - U_i} \times 1000$$

- Nelle condizioni medie dell'Italia settentrionale, ogni tonnellata di prodotto, all'umidità di conservazione del 14%, comporta l'eliminazione di 160-180 kg di acqua

Diagramma di Mollier

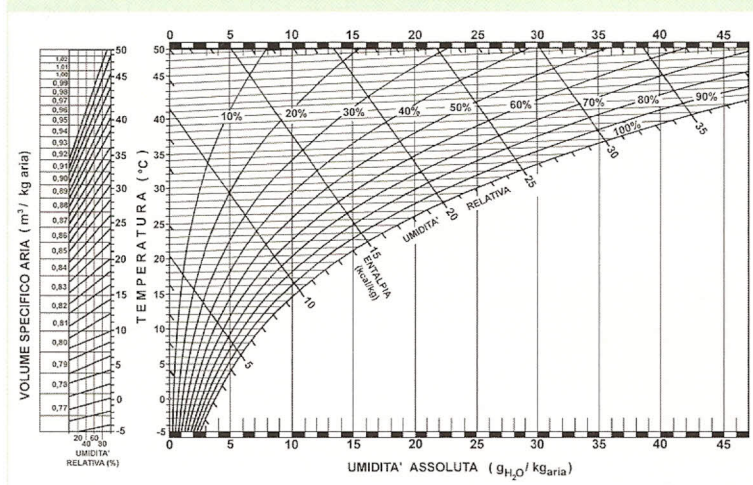
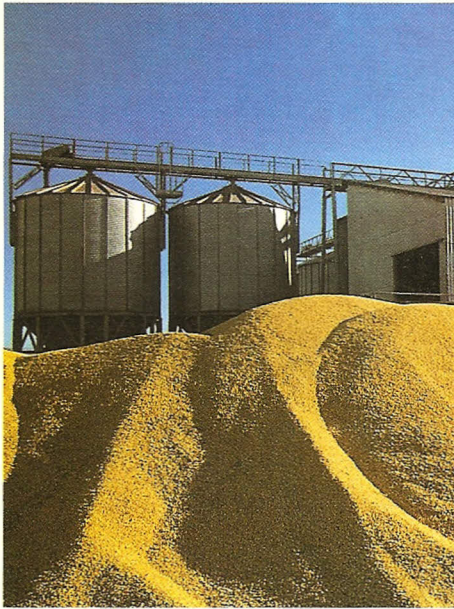


Diagramma di Mollier

- Le caratteristiche termodinamiche dell'aria sono rappresentate dal diagramma di Mollier, che correla temperatura (T°), umidità assoluta X (g_{H_2O}/kg_{aria}), che indica la quantità d'acqua contenuta nel prodotto, umidità relativa (%) ed entalpia (kcal/kg), che esprime il contenuto energetico complessivo del prodotto. Riscaldandosi, l'aria mantiene la propria umidità assoluta X , ma riduce la sua umidità relativa risultando così in grado di assorbire una maggiore quantità d'acqua

Foto Informatore Agrario



Centro di raccolta della granella destinata all'essiccazione

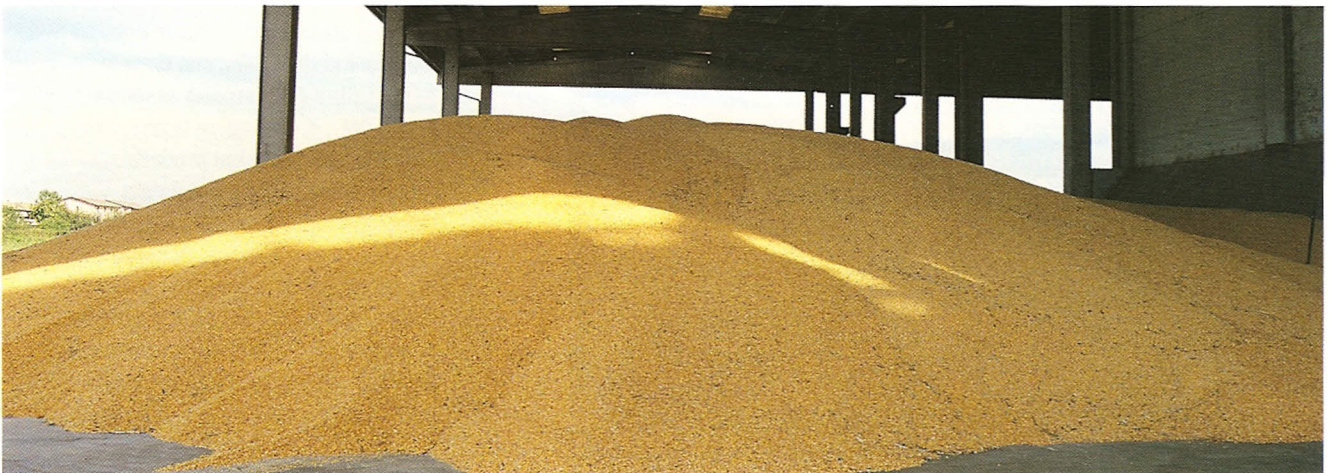


Foto R. Angelini

Essiccatoi

Gli impianti per l'essiccazione del mais sono in genere costituiti da: un generatore termico, nel quale viene bruciato il combustibile e riscaldata l'aria; un ventilatore; un corpo essiccante vero e proprio, nel quale avviene il contatto fra aria calda e cariossidi; un camino; attrezzature complementari, strumenti di controllo ecc.

Il generatore può essere alimentato con combustibili gassosi, per i quali sono indicati i modelli a vena d'aria che consentono una migliore distribuzione del calore rispetto a quelli pressurizzati tradizionali. Di solito è l'aria stessa della camera di combustione (generatore a riscaldamento diretto) che viene inviata, mediante apposito ventilatore, all'essiccatoio. In altri casi, sempre più rari, vi è una superficie di scambio termico fra i fumi caldi e l'aria pulita di essiccazione; quest'ultima viene, poi, inviata all'essiccatoio mentre i fumi escono dal camino senza entrare in contatto con il cereale. La prima soluzione è più economica, ma richiede un attento controllo della combustione per evitare fenomeni di inquinamento del prodotto; la seconda, al contrario, è più costosa, ha un rendimento termico inferiore (85-90 %), ma offre migliori garanzie dal punto di vista sanitario sul prodotto.

Ogni impianto è dotato di: un ventilatore radiale posto a valle del generatore; almeno una o due sonde termometriche che controllano e regolano le temperature della camera di essiccazione e, pertanto, l'andamento dell'essiccazione; dispositivi di regolazione della portata dell'aria e generalmente di un secondo ventilatore per l'aria di raffreddamento del prodotto. In ordine al sistema di circolazione dell'aria calda, oltre alla predetta realizzazione con fluido in pressione, negli impianti più completi del tipo a colonna ermeticamente chiusa è attuata la soluzione in depressione con ventilatore centrifugo o assiale installato in corrispondenza dell'uscita dell'aria umida, ovvero alla sommità anziché alla base del-

la colonna. Con quest'ultima soluzione poi si può anche evitare il ventilatore di raffreddamento, come pure si è in grado di garantire la depolverizzazione dell'ambiente.

Le attrezzature complementari di cui deve essere dotato un impianto per garantire continuità di funzionamento, possono essere così schematizzate:

- tramoggia di ricezione, che provvede al caricamento meccanico dei corpi essiccanti o dei silos di deposito di prodotto appena mietitrebbiato. Essa è realizzata con pareti in calcestruzzo inclinate verso il centro nella parte più bassa in modo da assicurare il costante riempimento del trasportatore longitudinale, che provvede all'invio del materiale all'elevatore di carico;
- pulitori del prodotto, di diversa tipologia (rotativi, alternativi, a ciclone), per l'eliminazione delle diverse impurità verdi e secche. In particolare, l'asportazione delle impurità verdi consente una riduzione dei tempi e dei costi di essiccazione;
- silos di deposito del verde, con funzioni di polmone per il diverso ritmo di lavoro del cantiere di raccolta;
- silos di stoccaggio, adibiti all'accumulo del prodotto essiccato che può essere contenuto anche in ampi locali con funzioni di magazzino. Come quelli del verde, essi sono in genere di forma cilindrica con pareti ondulate in lamiera zincata, provvisti in particolare di sistema di ventilazione e di scarico automatico. Sono collegati all'essiccatoio con un trasportatore aereo per il carico dall'alto, mentre il prodotto scaricato con trasportatore a fossa viene inviato al successivo elevatore per il carico sugli automezzi.

A queste attrezzature vanno aggiunti inoltre: i sistemi meccanici di movimentazione del prodotto (trasportatori a catena o a coclea ed elevatori a tazze); la pesatura automatica prima del magazzino, per gli impianti di una certa potenzialità; i dispositivi di controllo della combustione; il complesso, infine, della strumentazione per la misura delle condizioni fisiche dell'aria (temperatura e umidità prima e dopo l'attraversamento della massa) e dell'umidità del cereale allo scarico.

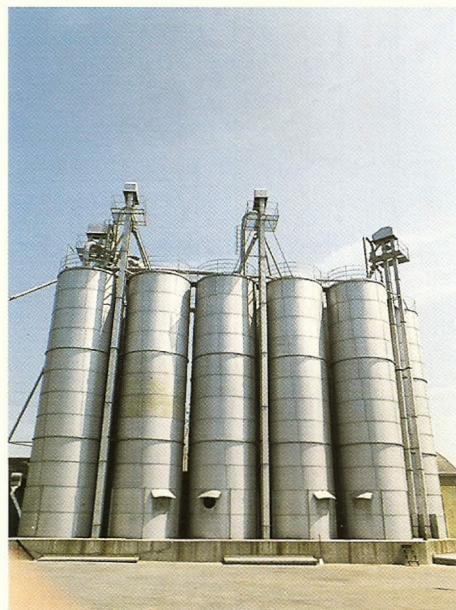
Quest'ultima determinazione, che si è particolarmente perfezionata in questi ultimi anni, ha consentito la completa automazione di quasi tutti gli impianti di essiccazione, riducendo così il lavoro dell'operatore a una semplice mansione di controllo.

I tipi di essiccatoi utilizzabili, si differenziano in modelli: a funzionamento continuo e a funzionamento discontinuo o di tipo «statico». Nei primi, il cereale fluisce da un estremo con continuità, incontra il flusso di aria calda e viene progressivamente essiccato, uscendo dall'altra estremità. Nei secondi, invece, il corpo essiccante viene riempito in una volta sola di cereale all'inizio dell'operazione e svuotato a essiccazione terminata. Durante la sua permanenza esso può subire (o meno) dei rimescolamenti atti a facilitare l'evaporazione dell'acqua attraverso il contatto di tutta la massa con l'aria calda.

Innovazioni tecnologiche negli essiccatoi

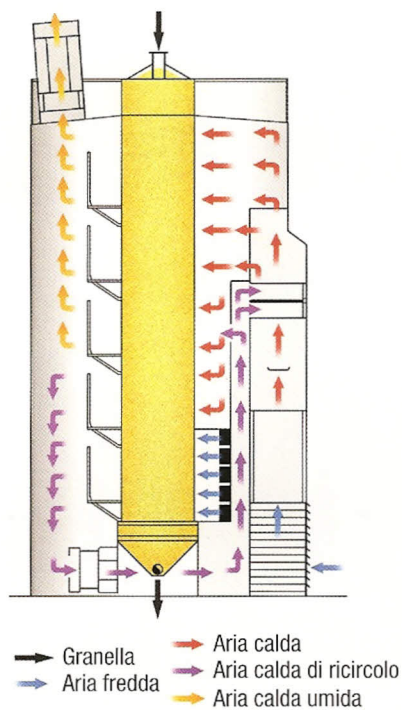
- **Nei moderni impianti i diversi interruttori di comando sono raggruppati in un quadro sinottico provvisto delle tecnologie elettroniche più sofisticate, dove viene visualizzato il diagramma di lavorazione dell'intero impianto con spie dei diversi elementi e di allarme in caso di disfunzione**
- **Sempre più impiegati anche sistemi di depolverizzazione dell'aria umida in uscita dall'essiccatoio con recupero delle polveri sia a secco a mezzo filtri telati, sia a umido, mediante passaggio dell'aria attraverso un film d'acqua, che possono ottenere una filtrazione fino a valori di 3-5 mg di polvere per metro cubo di aria**

Foto Informatore Agrario



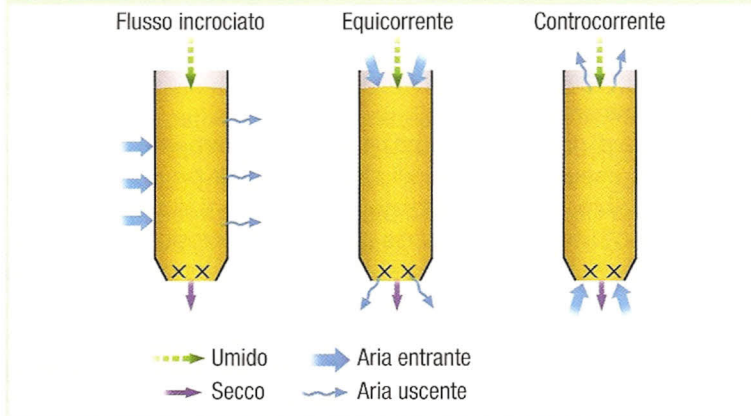
Tipologie di essiccatoi a funzionamento continuo

- Come mostrato nello schema a lato, in funzione dei percorsi effettuati dall'aria e dalla massa del cereale, gli essiccatoi a funzionamento continuo si distinguono in essiccatoi: a flusso incrociato, in controcorrente e in equicorrente
- In tutti e tre i casi, essi sono costituiti da un settore di essiccazione del prodotto e da un altro di raffreddamento dello stesso. Per una buona conservazione la granella deve essere portata a temperature dell'ordine dei 15 °C



Schema di funzionamento di un impianto a colonna a risparmio energetico

Schemi delle tre tipologie di impianti continui di essiccazione



I modelli a funzionamento continuo sono praticamente suddivisibili in tre gruppi principali a seconda dei percorsi effettuati dall'aria e dal cereale: a flusso incrociato; in controcorrente; in equicorrente.

Fra i tipi a flusso incrociato, che sono i più diffusi e il cui schema funzionale prevede un riciclo parziale dell'aria, sono da ricordare gli essiccatoi: a colonna, a nido d'ape e a tappeti sovrapposti. Ognuno di questi – realizzato, in genere, in lamiera metallica (nuda o rivestita) applicata a un telaio in profilati di acciaio – è dotato di un sistema di sollevamento che porta la granella a una tramoggia di carico, alla sommità dell'impianto, da dove questa scende per gravità, incontrando l'aria di essiccazione. Nei modelli a colonna il prodotto scende senza alcuna deviazione, esponendo la granella, che scorre lungo la parete di entrata dell'aria, al rischio di sovratemperature. Nei modelli a nido d'ape (o a losanga), invece, al prodotto viene impresso un movimento verticale a zig-zag, con continuo rimescolamento, da una serie di canali orizzontali di lamiera, sfalsati fra loro e aperti alla base, dai quali viene alternativamente immessa e espulsa l'aria di essiccazione.

L'alternanza di file di entrata e di uscita fa sì che l'aria che entra da un canale attraversa il prodotto trovando la via d'uscita nei quattro che lo circondano e, viceversa, ogni canale di uscita riceve l'aria entrata dai quattro canali circostanti, ottimizzando così lo scambio termico.

Specifici sistemi automatici di controllo dell'umidità del cereale regolano i dispositivi di apertura per ottimizzare la velocità di discesa della granella.

Sempre più frequentemente gli impianti a colonna sono dotati di sistemi a risparmio energetico che prevedono dopo la normale tramoggia di alimentazione del prodotto umido posta alla sommità, una prima zona di pre-essiccazione che utilizza l'aria an-

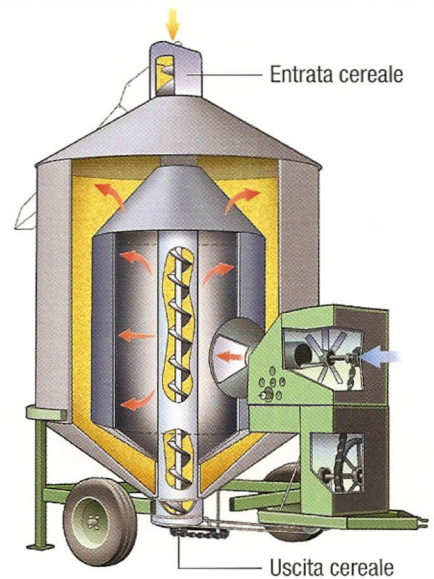
cora calda e non completamente satura proveniente dalle zone di essiccazione successiva.

Altra soluzione è rappresentata dall'essiccatoio a tappeto consistente in un piano orizzontale in lamiera forata, di lunghezza e larghezza diversa a seconda della potenzialità dell'impianto. Su di esso viene scaricato da una estremità, in strati di spessore fino a 30-35 cm, il cereale che viene investito dal basso dall'aria calda mentre si muove a mezzo di agitatori-trasportatori verso l'altra estremità.

A questo può essere sovrapposto un nastro senza fine nel quale il cereale umido subisce un trasporto in senso inverso a quello del primo. Il cereale, venendo investito dalla stessa corrente d'aria che già è passata dallo strato sottostante, subisce così una pre-essiccazione. I modelli a funzionamento discontinuo sono, in genere, a flusso trasversale, oppure in controcorrente. I tipi statici, più semplici, dove il prodotto rimane fermo mentre l'aria ne attraversa lo strato dal basso sono oggi praticamente abbandonati nel caso del mais.

Una soluzione con ricircolo e miscelazione del cereale è costituita dall'essiccatoio cilindrico a ricircolo realizzato tramite un elevatore a coclea, posto all'interno del contenitore, che riporta la massa alla sommità dell'essiccatoio assicurando l'uniformità del processo.

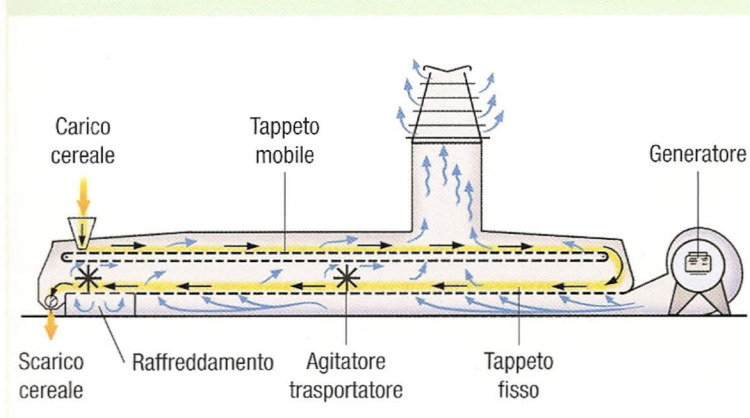
Una recente soluzione prevede la collocazione del generatore aerotermico anziché esterno al corpo cilindrico, nella parte inferiore della zona interna. Si realizza così un impianto a recupero potendo suddividere l'intercapedine anulare nella zona superiore di essiccazione e in quella inferiore di raffreddamento dove l'aria fredda, richiamata dall'esterno, si preriscalda prima di entrare nel ciclo di combustione del bruciatore. La rimanente aria richiesta dall'essiccazione entra attraverso le bocchette di apertura regolabili.



- ➔ Aria calda
- ➔ Aria calda umida
- ➔ Aria fredda

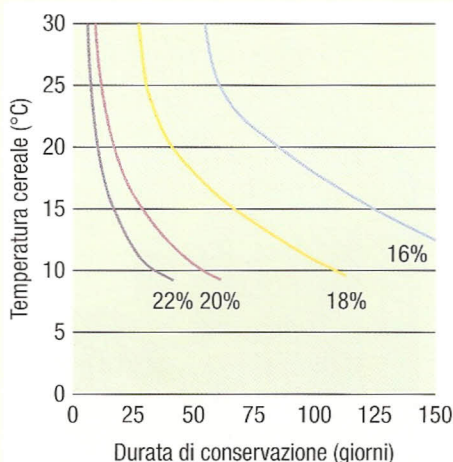
Essiccatoio mobile di tipo discontinuo a ricircolo della granella

Essiccatoio a flusso incrociato a doppio tappeto



Consumi energetici del processo di essiccazione

- La spesa energetica per l'essiccazione del mais comporta, in condizioni normali, un consumo medio di gasolio dell'ordine di 20-25 kg/t di cereale essiccato all'umidità commerciale. L'energia elettrica richiesta per l'azionamento del ventilatore, del bruciatore, degli organi di movimentazione ecc. è, invece, compresa fra 15 e 20 kWh/t di prodotto e risulta, quindi dell'ordine del 10-12% dell'energia termica spesa



Temperatura e tempo di conservazione del mais in funzione della sua umidità

Temperatura, umidità e tempo di conservazione del mais

- Nel grafico in alto è riportato il diagramma che correla temperatura e umidità del mais con la durata della conservazione. Tale durata viene raddoppiata a ogni diminuzione della temperatura del cereale di 5 °C, o in seguito a una diminuzione della sua umidità del 2%. Un prodotto essiccato e raffreddato, immediatamente dopo la raccolta, ha un tempo di stoccaggio molto superiore rispetto a quello di un prodotto conservato alla temperatura di uscita dall'essiccatoio. Per esempio, per un cereale con umidità finale del 12-15%, un raffreddamento a 10-12 °C consente un tempo di conservazione praticamente indefinito, mentre, se la temperatura del prodotto è di 16-17 °C, tale tempo si riduce a 3-4 mesi

Ventilazione e refrigerazione

L'umidità e la temperatura dei cereali, al momento della raccolta, ne consentono lo stoccaggio, senza deterioramento, per un periodo limitato, a causa di fenomeni diversi quali la respirazione, la fermentazione e lo sviluppo di parassiti. Affinché il prodotto, adeguatamente essiccato e raffreddato, si possa conservare per parecchi mesi senza perdite quantitative e qualitative importanti è necessario che la temperatura della massa venga opportunamente controllata e mantenuta su valori dell'ordine dei 15 °C. Le basse temperature, infatti, determinano un calo dell'attività metabolica e riducono, fino a eliminarla, l'azione di parassiti animali e vegetali, offrendo le migliori condizioni di conservazione.

La riduzione di temperatura del cereale nella fase di stoccaggio può essere effettuata mediante la ventilazione con aria ambiente o mediante refrigerazione. A tale effetto (raffreddamento del prodotto) si accoppia, in generale, anche quello di un completamento dell'essiccazione.

Per effettuare la ventilazione si impiegano dei ventilatori, che spingono l'aria attraverso il cereale, stoccato in appositi sili. I ventilatori assiali sono adatti per operare con basse contropressioni, mentre, dovendo operare con contropressioni elevate è necessario ricorrere a ventilatori centrifughi. Per mantenere i necessari valori di portata dell'aria (40-60 m³/h) per metro cubo di granella, si possono anche accoppiare due ventilatori, da utilizzarsi singolarmente o in coppia in funzione del grado di riempimento del silo. Il sistema di ventilazione più comune per la maggiore efficienza offerta è la ventilazione in pressione, dove il raffreddamento della massa comincia dal basso, per arrivare infine agli strati più alti del prodotto. Particolare attenzione va posta, però, nel dimensionamento corretto dei ventilatori al fine di evitare problemi di condensa nella parte alta del silo, con conseguente riscaldamento del

Foto Informatore Agrario



Impianto di conservazione della granella

cereale. L'utilizzo di sili di conservazione ventilati consente anche sensibili benefici in termini di essiccazione, applicando la tecnica della *dryaeration*. Essa consiste nell'anticipare il termine del processo di essiccazione quando la granella ha raggiunto valori di umidità residua del 16-19% e trasferirla direttamente nel silo di ventilazione. Qui, per effetto del calore residuo della massa che favorisce la migrazione dell'acqua verso l'esterno della cariosside, avviene il completamento dell'essiccazione da parte dell'aria ambiente di ventilazione.

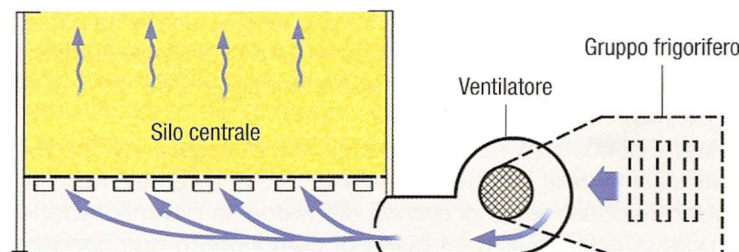
Ciò consente di aumentare del 30-35% la capacità di lavoro degli essiccatoi, riducendo del 20-25% il consumo di energia.

Un sensibile miglioramento delle qualità del prodotto conservato, tuttavia, è conseguibile con la refrigerazione della massa, ottenuta ventilando con aria raffreddata e deumidificata da macchine frigorifere. La temperatura da raggiungere è funzione del prodotto da trattare, della sua umidità e dell'umidità relativa dell'aria all'interno della cella di conservazione. In ogni caso, con l'abbassarsi della temperatura stessa aumentano la durata e l'efficacia del trattamento nel tempo. Con riferimento al diagramma di conservazione dei cereali, il mantenimento del cereale a bassa temperatura, ne consente la conservazione con un tenore di umidità più elevato, con un incremento di quantità di prodotto vendibile, rispetto al medesimo conservato a temperatura ambiente con umidità del 13-14%.

La refrigerazione del mais porta a una riduzione di umidità dell'1,2-1,5%, con un risparmio energetico complessivo, rispetto al caso della sola essiccazione, dell'ordine del 25-30%.

I tempi di refrigerazione sono funzione della potenzialità refrigerante dell'impianto, che va adeguatamente dimensionato alle quantità di cereale da raffreddare e dell'umidità del medesimo. Il raffreddamento è più efficace con cereali umidi ($U_f > 14\%$), in quanto si sfrutta il passaggio di stato dell'acqua evaporata dalle cariossidi del mais per asportare calore dal prodotto durante la fase di refrigerazione, mentre la refrigerazione del prodotto secco ($U_f < 12\%$), richiede tempi lunghi e comporta consumi energetici molto elevati.

Impianto di ventilazione del mais con aria refrigerata



Vantaggi del raffreddamento

L'azione del raffreddamento comporta importanti vantaggi in termini di qualità del prodotto, in quanto consente di eliminare o comunque ridurre:

- l'uso di trattamenti antiparassitari, agendo in favore della salubrità del prodotto
- la periodica movimentazione, diminuendo la rottura delle cariossidi
- l'azione di parassiti con conseguente, ulteriore diminuzione delle perdite

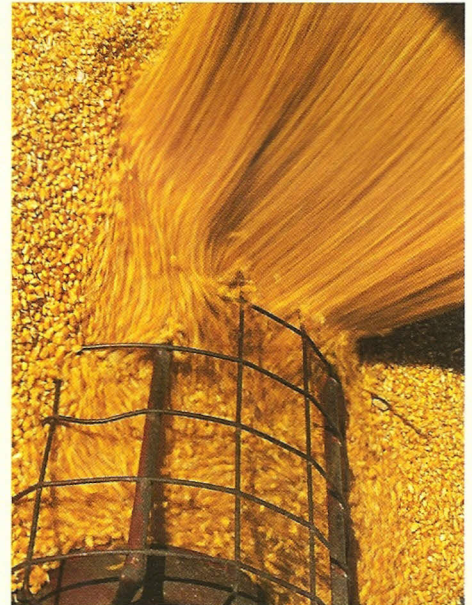
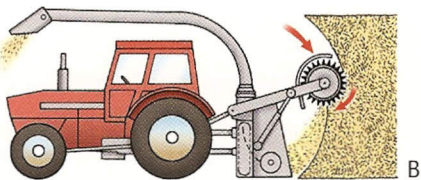
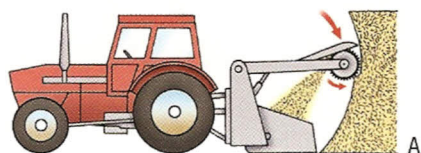


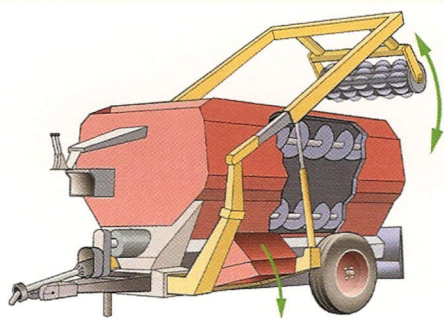
Foto V. Bellettato



Silomais integrale



Desilatrici rotative per sili a trincea: a) con tramoggia incorporata b) con trasportatore pneumatico



Carro dessila-trincia-miscelatore-distributore da accoppiare alla trattore per la preparazione e distribuzione dell'unifeed

Strutture per la conservazione del trinciato integrale di mais e del pastone: attrezzature per il prelievo

Le strutture adibite alla conservazione del trinciato integrale di mais sono i sili a platea e a trincea, nei quali è possibile immagazzinare, a costi contenuti, grandi masse di foraggio di elevata qualità. Il silo a trincea va correttamente dimensionato, individuando il giusto rapporto tra larghezza e altezza. La lunghezza, infatti, rappresenta un fattore di scarso rilievo, in relazione ai risultati tecnici ed economici dell'operazione di insilamento. Qualora i volumi da stoccare fossero tali da dover superare i 50-60 m, è consigliabile ricorrere a sili affiancati che, tra l'altro, permettono di insilare prodotto fresco pur continuando il prelievo di quello conservato dall'anno precedente.

Maggior importanza ha la sezione frontale del silo le cui dimensioni vanno correlate alle modalità di carico, alle perdite di superficie e al consumo giornaliero di stalla. L'altezza delle pareti – influenzando il rapporto tra superficie esposta e volume di prodotto insilato – condiziona l'entità delle perdite provocate da ammuffimenti superficiali; tuttavia, essa va contenuta in 4-5 m, pena un forte aggravio dei costi di realizzazione. La larghezza deve soddisfare due esigenze tra loro contrastanti: quella di facilitare, durante le fasi di carico, le manovre dei carri foraggeri, in modo da ridurre i tempi morti nel cantiere di trasporto e quella di limitare il fronte di scarico del silo che – per evitare ossidazioni e ammuffimenti dell'alimento – va rinnovata giornalmente. Per impedire il verificarsi di questi fenomeni è necessario asportare giornalmente dalla sezione frontale uno strato di almeno 15-20 cm di spessore.

Su tale base, noto il volume di trinciato (densità in sili di 3-5 m di altezza: 650-720 kg/m³) giornalmente consumato dai capi allevati, si definisce la sezione del fronte di scarico e, quindi, la larghezza. Il riempimento consiste nella formazione di un cumulo a strati inclinati, iniziando da una estremità del silo e avanzando verso l'altra; il trinciato viene scaricato alla base del cumulo e viene movimentato e accuratamente costipato con una trattrice (gommata a 4 ruote motrici) munita di lama apripista. Per coprire il silo si impiegano teli plastici (spessore: 0,10-0,15 mm), non trasparenti per evitare l'eccessivo riscaldamento della superficie. Il sistema di fissaggio dei teli deve garantire il rapido smaltimento della pioggia, evitando ristagni di ogni genere; il sistema più idoneo prevede l'inserimento del telo in una scanalatura ottenuta sulla sommità della parete e il suo bloccaggio con un profilato in gomma.

I sistemi di costruzione e il materiale da impiegare variano dalla realizzazione delle pareti in opera piuttosto che con elementi prefabbricati, attualmente di grande diffusione; la pavimentazione è sempre in calcestruzzo, al piano di campagna e con pendenza variabile (2-5%) verso l'ingresso.

Per l'insilamento dei pastoni di granella e di granella-tutolo nonché della granella umida si utilizzano, invece, sili di diverso tipo a seconda delle dimensioni aziendali, ottenendo ottime risposte in termini di qualità e riduzione delle perdite di prodotto.

Nelle aziende maicicole con allevamenti medio-grandi, si fa ricorso (insilando con le stesse modalità adottate per il silomais) a sili a trincea con larghezze inferiori, considerata la minore quantità di pastone che entra nella razione; nei piccoli allevamenti si possono trovare anche sili in PVC a tenuta d'aria.

Le macchine per il desilamento del trinciato di mais ceroso risultano costituite da un organo per il distacco del prodotto, ottenuto per mezzo di un rotore cilindrico o di una coclea (larghezza: 1,2-2,4 m) munito di denti o di risalti, montato su un telaio a movimento verticale rettilineo. Completano l'operatrice una tramoggia per la raccolta del trinciato, dotata di coclea per l'invio del prodotto al nastro (o coclea) di carico sul mezzo impiegato per il trasporto e la distribuzione.

La capacità effettiva di lavoro di tali macchine è dell'ordine di 10-12 t/h per metro di larghezza del fronte di lavoro con potenze medie specifiche dell'ordine di 25 kW/m.

I carri alimentatori miscelatori sono macchine di grandissima utilità, adatte per la preparazione e distribuzione di un alimento uniforme (*unifeed*); il loro impiego migliora l'efficienza della distribuzione degli alimenti, semplifica le operazioni e permette di gestire tutte le fasi con un unico addetto. Le tipologie sono diversificate e i modelli più diffusi sono i trincia-miscelatori-distributori e i dessila-trincia-miscelatori-distributori. Nel secondo caso l'operatrice esegue anche l'operazione di dessilamento. La macchina è costituita da un telaio montato su ruote gommate (semovente o trainato dalla trattrice e azionato dalla presa di potenza) che porta un cassone (capacità: 8-25 m³ corrispondenti a 2,5-10,0 t) all'interno del quale sono sistemate 3-4 coclee orizzontali. Le due superiori provvedono alla sola miscelazione degli ingredienti della razione mentre quella/e inferiori hanno anche il compito di trinciare gli alimenti più grossolani; a tal fine sono dotate di lame disposte discontinuamente sulla spirale. Il cassone di miscelazione poggia su celle di carico che permettono l'agevole e preciso dosaggio della quantità dei singoli alimenti da introdurre per formulare una razione corretta e corrispondente alle necessità nutrizionali degli animali allevati. Di norma, lateralmente al cassone è localizzato un dispositivo dessilatore a nastro che, predisposta e accuratamente miscelata la razione, scarica l'*unifeed* direttamente nella corsia di alimentazione.

Le potenze specifiche necessarie al funzionamento sono pari a 3,0-3,5 kW/m³ mentre la capacità operativa di lavoro per lo svolgimento dell'intero ciclo di operazioni varia da 3,5 a 8,0 t/h in relazione alla capacità del cassone e dell'organizzazione del lavoro.

Foto R. Angelini



Conservazione del pastone in silo a trincea



Carro dessila-trincia-miscelatore



Sili ciclatori per la conservazione. Consentono il carico del prodotto dall'alto e lo scarico dal basso e permettono di ridurre le perdite di conservazione

COLTURA
&
ULTURA



Bayer CropScience