• TECNOLOGIA E DATI ECONOMICI

Granella di mais alternativa al gasolio

L'impianto che brucia mais ha prestazioni equivalenti a quello a gasolio, con risparmi economici del 45-65% in funzione del prezzo della granella che può essere utilizzata anche se contaminata da micotossine

di **R. Berruto, S. Bechis, P. Busato, P. Piccarolo**

Un fabbisogno energetico importante dell'azienda cerealicola è rappresentato dall'essiccazione del prodotto che, oltre a essere onerosa in termini economici, rappresenta da sola quasi la metà della richiesta energetica complessiva. Per tale ragione, l'impiego in tale processo di energia da fonti rinnovabili, quali la biomassa, risulta molto interessante.

Le colture di mais e riso interessano in Italia una superficie di circa 1,42 milioni di ettari, con una produzione di circa 12,35 milioni di tonnellate di prodotto da essiccare. Attualmente il combustibile impiegato per essiccare queste produzioni ammonta a circa 189.000 t di gasolio all'anno, con una immissione nell'ambiente di CO_2 da fonti fossili pari a circa 0,6 milioni di tonnellate all'anno. L'impiego di energia prodotta da fonti rinnovabili consentirebbe una riduzione di tale emissione, in ottemperanza ai limiti imposti dal protocollo di Kyoto.

L'essiccazione rappresenta da sola quasi la metà della richiesta energetica complessiva delle colture cerealicole

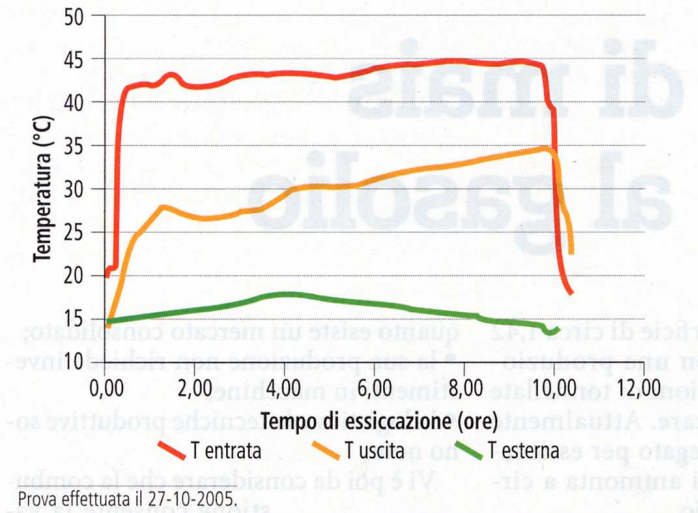
La granella di mais come combustibile ha alcune caratteristiche positive:

- come tutti i semi la sua composizione è standard;
- nei terreni vocati la coltura presenta rese elevate in confronto ad altri cereali;
- non presenta problemi di stoccaggio all'umidità commerciale (13%);
- ha un potere calorifico elevato;
- non ha problemi di reperibilità in quanto esiste un mercato consolidato;
- la sua produzione non richiede investimenti in macchine;
- la logistica e le tecniche produttive sono note.

Vi è poi da considerare che la combustione consente la valorizzazione di granella con micotossine o di scarto.

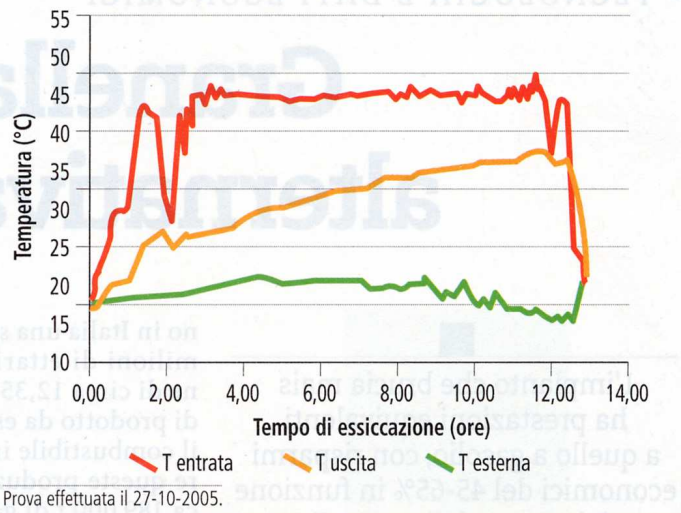
La tecnologia di combustione, intesa come automazione completa dell'impianto e mantenimento della caldaia, sino ad ora è stata il collo di bottiglia che ha vincolato la diffusione dell'impiego della granella di mais come combustibile.

Un progetto di ricerca della Regione Piemonte, finanziato dal Programma nazionale biocombustibili Probio, si poneva tra gli obiettivi proprio la messa a punto e la verifica della tecnologia di combustione del mais. Tale ricerca è tuttora in corso presso il Deiafa dell'Università di Torino e ha portato finora alla realizzazione di un combustore a



Prova effettuata il 27-10-2005.

GRAFICO 1 - Temperature dell'essiccatoio a ricircolo con combustione a gasolio



Prova effettuata il 27-10-2005.

GRAFICO 2 - Temperature dell'essiccatoio a ricircolo con combustione a mais

fiamma diretta specificamente studiato per l'essiccazione del riso.

Descrizione dell'impianto di combustione

L'impianto di combustione (*foto 1* e *2*) è composto da:

- un serbatoio per lo stoccaggio e l'alimentazione della granella;
- un mulino a martelli;
- un ventilatore centrifugo;
- condotti per il convogliamento pneumatico del prodotto macinato;
- un combustore a doppia parete;
- un bruciatore a gasolio.

Il combustore viene avviato a gasolio, questo per far sì che raggiunga una determinata temperatura necessaria per rendere possibile l'autocombustione del mais. Raggiunta la temperatura di innesco, il combustore funziona con granella di mais all'umidità commerciale, preventivamente macinata e inviata alla camera di combustione per via pneumatica. Il processo si autoalimenta, con la miscela aria-mais che brucia in un letto fluido, senza consumo di combustibile fossile. Si ha così la combustione completa e la produzione di un flusso di gas combusti.

La miscelazione dei gas di combustione con l'aria ambiente consente di regolare la temperatura dell'aria in ingresso nell'impianto di essiccazione.

Il funzionamento dell'impianto è completamente automatico, come per gli impianti a gasolio. Il bruciatore può funzionare a mais o a gasolio e si può passare da uno all'altro in qualsiasi momento durante l'utilizzo.

Non ci sono ceneri o residui di combustione da rimuovere dal bruciatore e il sistema non richiede manutenzione o pulizia particolari rispetto agli impianti a gasolio.

Risultati

Determinazione del potere calorifico del mais

Il potere calorifico inferiore (PCI) del mais macinato, con umidità intorno al 11%, è stato calcolato riferendosi ai consumi di gasolio registrati nelle stesse prove di essiccazione (potere calorifico noto di 42,67 MJ/kg), comparando questi consumi con quelli relativi al mais utilizzato come combustibile. Si è così ottenuto un PCI di 15,88 MJ/kg, che sarà utilizzato come riferimento per i risultati relativi alle prove di essiccazione.

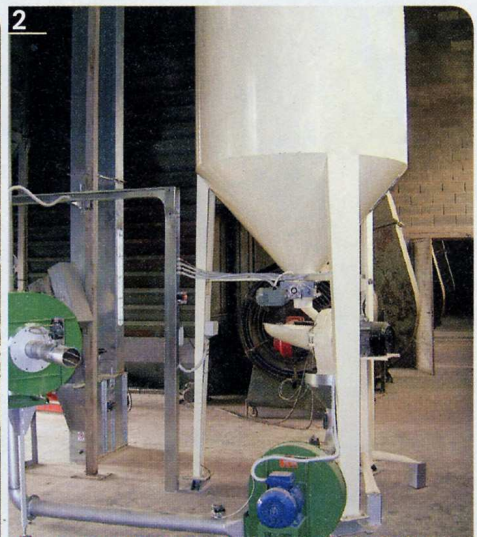
Tale dato è di fondamentale importanza per tutte le valutazioni tecniche ed economiche inerenti all'uso del mais come combustibile e per il dimensionamento corretto degli impianti termici che utilizzano tale prodotto.

Prove di essiccazione

Con combustore a gasolio. Vengono di seguito riportati i risultati della prova comparativa del 27 ottobre 2005. Durante tale prova la varietà di riso essiccata è stata il Carnaroli (lungo A).

Per l'impianto funzionante a gasolio, l'umidità iniziale del risone era del 28,4% mentre la finale era del 14,1%. Sono stati caricate 32 t di risone da essiccare. La durata del ciclo di essiccazione è stata di 10,24 ore, con una per-

Foto 1 - Combustore polivalente (gasolio e mais) a fiamma diretta impiegato nella prova. Sul *lato destro* è visibile il condotto per l'invio del prodotto macinato. *In basso*, di colore rosso, si può vedere il bruciatore a gasolio. Foto 2 - Particolare del sistema di alimentazione del mais. Il prodotto fluisce dal silos nel mulino a martelli mediante una coclea che garantisce un'alimentazione costante. A valle del mulino la granella macinata viene aspirata da un ventilatore centrifugo che la invia pneumaticamente nella camera di combustione



dita di 14,3 punti di umidità, che equivalgono a un valore medio di 1,4 punti persi all'ora, pari a circa 520 kg/ora di acqua evaporata.

La temperatura media dell'aria riscaldata è stata di 46,3 °C. La temperatura dell'aria in uscita è aumentata durante l'essiccazione, fino a raggiungere un massimo di 35 °C.

Nel *grafico 1* viene visualizzato l'andamento delle temperature durante la prova del 27 ottobre 2005. Per quanto riguarda la temperatura dell'aria esterna registrata durante la prova la media è stata di 16,5 °C, la massima di 18,7 °C e la minima di 14,9 °C; l'escursione termica è stata di 4,8 °C. Il consumo di gasolio durante il processo è stato di 660 L.

Con combustore a mais. Per l'impianto funzionante a mais, prodotto e quantità erano gli stessi; la durata del ciclo di essiccazione è stata di circa 12,20 ore, con una perdita di 14,3 punti di umidità, che equivalgono a un valore di medio di 1,18 punti persi all'ora, pari a circa 436 kg/ora di acqua evaporata.

Nella prova, dopo l'avviamento del bruciatore a gasolio per il riscaldamento della camera di combustione, la temperatura media dell'aria riscaldata è stata di 42,7 °C, con oscillazioni in media di 0,42 °C, non influenti sulla qualità del processo di essiccazione.

Nel *grafico 2* viene visualizzato l'andamento delle temperature durante la prova del 27 ottobre 2005. La temperatura dell'aria in uscita è salita fino a raggiungere un massimo di 38 °C al momento in cui è stato interrotto il processo di essiccazione.

Bruciare granella di mais anziché gasolio comporta anche notevoli benefici ambientali

I principali risultati della prova comparativa sono riportati in *tabella 1*, dove sono evidenziate le capacità di lavoro e i consumi energetici, termici ed elettrici.

La capacità di lavoro è risultata più elevata per l'impianto a gasolio. Tale maggiore capacità di essiccazione (1,40 punti/ora contro 1,18 punti/ora per l'impianto a mais) è dovuta ad alcuni problemi di combustione del mais durante la fase iniziale della prova. Una volta a regime l'essiccatoio a mais ha funzionato come quello a gasolio. In condizioni di funzionamento continuo le capacità degli impianti sarebbero sostanzialmente equivalenti.

Consumi di gasolio ed elettrici. I consumi di gasolio sono stati di 20,60 L/t per il combustore a gasolio e di 1,88 L/t per il combustore a mais per la fase iniziale di riscaldamento, prima dell'immissione della granella macinata. Sono stati consumati circa 42 kg di mais per tonnellata di risone da essiccare. Il consumo di energia termica per kg di acqua evaporata è stato sostanzialmente equivalente per i due impianti.

I consumi elettrici sono più elevati (+25%) per l'impianto con combustore a mais a causa del mulino utilizzato per la macinazione del prodotto e dei ventilatori usati per il trasporto pneumatico della granella e per l'immissione di aria secondaria. Tali consumi sono però poco influenti sull'energia totale consumata a causa dell'elevata incidenza dell'energia termica impiegata nel processo di essiccazione, con un aumento solo di un punto percentuale, passando da 759 MJ/t per l'impianto a gasolio a 767 MJ/t per l'impianto a mais.

Il mais dopo l'essiccazione può essere destinato subito alla combustione. L'uso energetico può valorizzare anche il mais contaminato da micotossine (*foto in dettaglio*)

Considerazioni economiche

L'uso del mais come combustibile per l'essiccazione è semplice ed economicamente molto vantaggioso nell'azienda agricola, in quanto essa non deve dotarsi di nuove macchine per la coltivazione, dal momento che sono le stesse già presenti in azienda per le colture cerealicole.

Considerando i dati delle prove di essiccazione, la convenienza economica all'uso del mais come combustibile è evidenziata in *tabella 2*, dove vengono messi a confronto i risparmi ottenibili considerando due prove di essiccazione del riso. La *tabella* considera anche i maggiori costi dell'energia elettrica per il combustore a mais e il quantitativo di gasolio utilizzato alla partenza per innescare l'autocombustione del mais.

In caso di autoproduzione in azienda della granella di mais, o di utilizzazione di prodotto no food o con micotossine, disponibile a prezzi inferiori, risulterebbe un risparmio monetario sul combustibile attorno al 65% rispetto al gasolio. Nel caso in cui si debba acquistare del mais di qualità il risparmio si attesta attorno al 45%. Per quanto concerne i costi dell'impianto di combustione del

mais, essendo il combustibile molto omogeneo, dovrebbe avere un costo più contenuto, a parità di potenza termica, rispetto a bruciatori di biomasse già esistenti e affermati, come quelli che utilizzano cippato di legna. Va ancora detto che, considerando il quadro energetico ed economico generale con la tendenza all'aumento dei prezzi dei combustibili fossili, la prospettiva futura per l'azienda che voglia essiccare la sua produzione con il mais è di risparmiare ancora di più.

Conclusioni

Il primo dato interessante che si evince da questa ricerca è il potere calorifico del mais, pari a 15,88 MJ/kg, per un prodotto all'11% di umidità. Ciò sta a indicare una equivalenza energetica tra 1 L di gasolio e 2,22 kg di mais. Questo dato è indispensabile per procedere alle valutazioni tecniche ed economiche nell'impiego del mais come combustibile. Per quanto riguarda i consumi energetici per l'essiccazione, essi sono influenzati da diversi fattori: le condizioni meteorologiche; il tipo di impianto; il livello di umidità al quale si vuole essiccare il risone e i punti che devono essere persi con l'essiccazione. Più si vuole spingere l'essiccazione, più il tempo necessario a completare il processo sarà elevato e, conseguentemente, saranno elevati i consumi energetici corrispondenti.

Confrontando i dati nella *tabella 1*, si nota come l'impianto a mais abbia delle prestazioni, in termini di essiccazione, praticamente equivalenti a quello a gasolio. Ciò sta a indicare sostanzialmente la bontà del mais come combustibile e della tecnologia messa a punto per utilizzarlo a tale scopo. In particolare, il programma di automazione che controlla le temperature dell'aria in ingresso dell'essiccatoio ha garantito le temperature di esercizio richieste nell'impianto di essiccazione.

Per quanto riguarda le emissioni derivanti dalla combustione del mais dell'impianto oggetto delle prove, esse sono risultate entro i limiti di legge per gli essiccatoi.

Sono state effettuate delle valutazioni sulla superficie da destinare a mais come combustibile per l'essiccazione del riso. Considerando i dati medi di produzione e umidità alla raccolta di riso e mais, è necessario investire a mais tra il 3-4% della superficie destinata a riso.

L'uso del mais come combustibile (*tabella 2*) consente risparmi economici all'incirca del 65%, se l'azienda utilizza mais di scarto o no food, che si riducono al 45% nel caso si impieghi mais di prima qualità. L'unico investimento necessario per impiegare la granella di mais come biomassa è l'acquisto dell'impianto di combustione, con un tempo di ritorno dell'investimento pari a 3-4 anni.

L'utilizzo di tale tecnologia potrebbe portare considerevoli benefici:

- all'ambiente e alla collettività, in quanto si potrebbero sostituire le circa 14.000 t di gasolio utilizzate ogni anno per l'essiccazione del riso con granella di mais, ottenendo benefici considerevoli per emissioni e per produzione di CO_2;
- all'azienda agricola e all'agricoltura in genere, che si trova a poter valorizzare un proprio prodotto e a non dover acquistare il gasolio per l'essiccazione;
- agli enti preposti a finanziare le energie rinnovabili in agricoltura, i quali dovranno solo finanziare gli impianti per la combustione della biomassa, senza investire sulle macchine per la coltivazione, in quanto le attrezzature sono le stesse della coltivazione del mais tradizionale. •

TABELLA 1 - Risultati delle prove comparative di essiccazione (27-10-2005)

Parametri di confronto	Combustione a gasolio	Combustione a mais
Tempi e capacità di lavoro		
Tempo di essiccazione (ore)	10,24	12,20
Acqua evaporata (kg)	5.327	5.327
Acqua evaporata (kg/ora)	520	436
Acqua evaporata (%/ora)	1,40	1,18
Energia termica		
Consumo gasolio (L)	660	60
Consumo mais (kg)	–	1.338
Consumo unitario gasolio (L/t risone essiccato)	20,63	1,88
Consumo unitario mais (kg/t risone essiccato)	–	41,81
Consumo unitario gasolio (L/kg H_2O evaporata)	0,124	0,011
Consumo unitario mais (kg/kg H_2O evaporata)	–	0,2512
Energia termica unitaria (kcal/kg H_2O evaporata)	1.049	1.050
Energia termica unitaria (MJ/kg H_2O evaporata)	4,389	4,393
Energia elettrica		
Potenza elettrica media (kW)	23,50	29,50
Consumo energia elettrica (kWh)	240,64	302,08
Consumo unitario energia elettrica (kWh/t risone essiccato)	7,520	9,440
Consumo unitario energia elettrica (kWh/kg H_2O evaporata)	0,045	0,057
Energia totale-termica ed elettrica		
Consumo totale unitario (MJ/t di risone essiccato)	758,9	766,8
Consumo totale unitario (MJ/kg H_2O evaporata)	4,55	4,60

La capacità di essiccazione è risultata più elevata nell'impianto a gasolio, ma ciò è dipeso solo da alcuni problemi di combustione del mais nella fase iniziale della prova.

TABELLA 2 - Confronto economico tra mais e gasolio come combustibili per l'essiccazione

Parametri di confronto	Prove					
	15-10-2005			27-10-2005		
	gasolio	mais 70 euro/t	mais 130 euro/t	gasolio	mais 70 euro/t	mais 130 euro/t
Umidità persa (%)	7,8	7,8	7,8	14,3	14,3	14,3
Consumo gasolio (L/t)	11,96	0,90	0,90	20,65	1,88	1,88
Consumo mais (kg/t)		24,66	24,66		41,82	41,82
Costo gasolio per essiccazione (euro/t)	6,94	0,52	0,52	11,98	1,09	1,09
Costo mais per essiccazione (euro/t)		1,73	3,21		2,93	5,44
Costo energia elettrica (*) (euro/t)		0,12	0,12		0,19	0,19
Costo totale per essiccazione (euro/t)	6,94	2,37	3,85	11,98	4,21	6,72
Risparmio con combustore a mais (euro/t)		4,57	3,09		7,77	5,26
Risparmio con combustore a mais (%)		66	45		65	44

(*) Consumo energia elettrica supplementare per mulino a martelli e ventilatori del bruciatore a mais.

Rispetto al gasolio, utilizzando mais no food o con micotossine il risparmio è intorno al 65% (45% utilizzando mais di qualità).

Remigio Berruto, Stefano Bechis
Patrizia Busato, Pietro Piccarolo
Dipartimento di economia ed ingegneria agraria, forestale ed ambientale
Università di Torino
remigio.berruto@unito.it

La ricerca è stata svolta nell'ambito del Progetto della Regione Piemonte «Il mais come fonte energetica», finanziato dal programma nazionale sui biocombustibili Probio.
La bibliografia sarà consultabile all'indirizzo: www.informatoreagrario.it/bancadati