

# La produzione di agroenergia: studio di un sistema colturale per la produzione di "biogas"

Barbara Moretti  
Dario Sacco

Emiliano Remogna  
Natale Sanino  
Carlo Grignani  
Francesco Vidotto  
Franco Tesio  
Aldo Ferrero

*Dip. di Agronomia, Selvicoltura e  
Gestione del Territorio*

Remigio Berruto  
Patrizia Busato

Giangiaco Ghioffi  
Fabio Landorno

*Dipartimento di Economia  
e Ingegneria Agraria,  
Forestale e Ambientale  
Sez. di Meccanica Agraria*

Luisella Celi

Daniel Said-Pulicino  
Teresa Borda

Elisabetta Barberis  
Paola Ferrazzi

Federica Berger

*DIVAPRA Sez. Chimica Agraria  
e Sez. Entomologia  
e Zoologia applicate all'ambiente  
"Carlo Vidano"*

don Sandro Barra  
Piercarlo Tivano

*Istituto Tecnico Agrario Don Bosco,  
Lombriasco*

## ■ Introduzione

Nel contesto politico e di mercato attuale viene richiesto all'agricoltura di confrontarsi con le esigenze di tutela del consumatore e di salvaguardia dell'ambiente attraverso la riduzione dell'emissione degli inquinanti, il contenimento del consumo idrico e la ricerca di fonti di energia rinnovabile.

Le energie rinnovabili ottenibili da agricoltura possono essere riunite in tre gruppi (Berton *et al.*, 2006): da biogas per la produzione di metano attraverso il quale si ottiene energia elettrica e termica; da biocarburanti o biocombustibili liquidi con la produzione di biodiesel, bioetanolo e olio vegetale puro; da biocombustibili solidi quindi l'utilizzo della legna nelle sue diverse forme di utilizzazione (pellet, chips e tal quale) per l'alimentazione di centrali termiche ed elettriche.

Il presente lavoro valuta da un punto di vista agronomico, ambientale ed energetico un sistema colturale erbaceo finalizzato alla produzione di biomasse per la co-digestione con liquami.

## ■ Materiali e metodi

La sperimentazione si è svolta su un appezzamento dell'Istituto Tecnico Agrario "Don Bosco" di Lombriasco negli anni 2007-2009. Essa ha confrontato tre sistemi colturali: PSR, Basso Input e Biogas con lo scopo di valutare i bilanci energetici risultanti dalla riduzione dell'investimento energetico nel processo produttivo (BI, PSR) o dalla produzione diretta di energia (Biogas). Il presente lavoro si riferisce al solo sistema Biogas. In esso viene simulata un'azienda zootecnica di bovine da latte che digerisce il liquame ed il letame prodotti insieme a biomasse dedicate. Per la fertilizzazione si impiega unicamente il refluo derivante dalla digestione anaerobica e pro-

veniente dal sistema stesso ed è definita nel rispetto dall'azione 214.1 delle misure agroambientali del PSR 2007-2013 della Regione Piemonte (*Tabella 1*). La rotazione colturale è frumento- sorgo- mais granella- mais trinciato e le colture destinate al digestore sono il mais trinciato ed il sorgo.

Colture	N obiettivo kg ha <sup>-1</sup>	Separato liquido distribuito m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Nutritivi kgha <sup>-1</sup>			C org tha <sup>-1</sup>	Diserbo	Principi attivi
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Frumento	140	56	168	81	143	87	Post-emergenza	Iodosulfuron-metile-sodio + mefenpir-dietile + mesosulfuron-metile
Mais granella	200	54	165	22	196	127	Post-emergenza	Nicosulfuron + mesotrione
Mais biomassa	240	67	203	34	110	67		
Sorgo biomassa	150	42	127	17	119	114	Pre-emergenza	S-Metolaclor + terbutilazina

La preparazione del letto di semina è stata eseguita con aratura seguita da erpicatura e rullatura.

Tabella 1

Agrotecnica del sistema colturale Biogas.

## Risultati

### Produzioni e qualità delle colture per biogas

Le produzioni ottenute dalle colture di mais e sorgo (*Tabella 2*) mostrano che gli ibridi di sorgo hanno prodotto in media nel triennio circa il 20% di sostanza secca (s.s.) in più rispetto agli ibridi di mais.

Tabella 2

Produzioni del mais e sorgo da biomassa.

	Anno	Concime	Durata ciclo g	Densità p m <sup>-2</sup>	Produzioni t ss ha <sup>-1</sup>	Umidità %	Produzioni trinciato t tq ha <sup>-1</sup>
<b>Mais</b>							
Pioneer PR34N43 (classe FAO 500)	2007	minerale	163	6,3	22,5	63,3	61,4
Dekalb DKC6677 (classe FAO 600)	2008	organico	146	5,1	16,5	59,6	40,7
Dekalb DKC6677 (classe FAO 600)	2009	organico	108	6,9	17,9	61,9	46,9
<b>Sorgo</b>							
NK Biomass 133 (Syngenta)	2007	minerale	134	15,8	32,4	78,6	151,5
BMR 333 (SIS)	2008	organico	106	11,3	15,3	69,9	50,9
NK Biomass 133 (Syngenta)	2009	organico	106	11,7	19,2	68,0	59,9



Figura 1

Visita divulgativa in campo.

La coltura del sorgo ha mostrato però lo svantaggio di raggiungere spesso ingenti altezze a fine ciclo assoggettandolo a facili allettamenti e conseguenti difficoltà di raccolta del trinciato e riduzione della qualità.

La fertilizzazione basata sulla sola distribuzione del separato liquido digerito in presemina, ha determinato una riduzione del livello produttivo del 16% nel mais e del 34% nel frumento rispetto al sistema colturale con concimazione minerale PSR presente nella stessa sperimentazione.

I parametri chimici che permettono di valutare la qualità di una biomassa da destinare al processo di digestione anaerobica sono: quantità e qualità di carboidrati (fibrosi e non fibrosi), quantità di grassi e di proteina, rapporto Carbonio:Azoto (Lorenzoni *et al.*, 2006, Amon *et al.*, 2007).

La fibra del sorgo è stata superiore in termini di quantità ma con qualità leggermente inferiore rispetto al mais, che risulta maggiormente influenzato dalla durata dei cicli di sviluppo: cicli brevi mostrano una minore quantità di fibra prodotta ma una migliore qualità grazie a minore concentrazione di lignina e maggiore concentrazione di amido (Tabella 3). Ciò non si è verificato nel sorgo dove i parametri qualitativi sono stati maggiormente condizionati dall'ibrido utilizzato.

	Durata ciclo g	Emicellulosa	Cellulosa	Lignina % su ss	Grassi grezzi	Proteine	Carboidrati non fibrosi
<b>Mais</b>							
PR34N43	163	30,6	26,3	4,8		7,3	
DKC6677	146	26,6	28,2	6,4	1,93	6,0	25,5
DKC6677	108	27,4	19,2	2,6	1,75	4,3	40,9
<b>Sorgo</b>							
Biomass 133	134	31,7	32,0	6,4		8,5	
BMR 333	106	24,9	29,2	6,1	0,95	5,5	27,6
Biomass 133	106	25,8	32,5	5,6	1,27	6,1	22,1

Tabella 3

Principali parametri qualitativi del trinciato integrale di mais e sorgo.

Il mais ha mostrato anche maggiori quantità di grassi per la presenza di granella nel trinciato mentre la frazione proteica è risultata variabile per entrambe le colture in quanto modificata dal tipo di concimazione azotata. Gli indici energetici misurati (Tabella 4) dimostrano che i solidi volatili presenti nel mais raccolto in ciclo breve sono risultati i più elevati indicando una maggior potenzialità produttiva di metano. L'indice MEV, però, è risultato variato soprattutto dalla frazione proteica delle due biomasse e con valori simili. La produzione di metano derivante dalla digestione delle biomasse di sorgo e mais, infine, non ha mostrato differenze poiché le maggiori produzioni del sorgo sono state compensate dalla migliore qualità del mais.

Anno	Coltura	VS g kg <sup>-1</sup> ss	MEV CH <sub>4</sub> Nl kg <sup>-1</sup> VS	Prod. CH <sub>4</sub> m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
<b>Mais</b>				
2008	DKC6677	946	265	4153
2009	DKC6677	962	212	3635
<b>Sorgo</b>				
2008	BMR 333	942	225	3247
2009	Biomass 133	932	253	4513

Tabella 4

Produzioni di metano ottenute dalle biomasse.

## Il controllo delle infestanti

L'efficacia degli interventi erbicidi è stata pari all'80% su mais e prossima al 70% su sorgo. Essendo le colture buone competitori delle infestanti sfuggite al controllo chimico, tali livelli di efficacia sono da considerarsi medio-alti. Relativamente al sorgo, la gestione delle malerbe appare alquanto critica, a causa della limitata disponibilità di principi attivi registrati. Per tale motivo risulta fondamentale eseguire un efficace intervento in pre-emergenza, soprattutto nei confronti delle graminacee, non risultando possibile intervenire con mezzi chimici in post-emergenza della coltura. Il controllo di infestanti perennanti, come *Sorghum halepense* e *Cynodon dactylon*, è invece possibile sulle colture che precedono il sorgo, ad esempio su mais mediante l'impiego di diserbanti selettivi o sarchiature, oppure su frumento, con interventi chimici sulle stoppie, dopo la raccolta.

## Le caratteristiche chimiche del suolo in seguito all'impiego del refluo

L'effetto derivante dall'uso del digestato separato liquido sulle caratteristiche chimiche del suolo non è rilevabile nel breve periodo. Tutti i parametri misurati non hanno subito delle variazioni in seguito all'utilizzo del refluo piuttosto che una concimazione minerale. Esso deve essere quindi considerato un valido fertilizzante organico ma con alcune caratteristiche di un concime minerale quali l'aumento della frazione disponibile dell'azoto (soprattutto ammoniaca), riduzione del rapporto C/N (maggior degradabilità della sostanza organica), aumento del pH. Ciò insieme alla rotazione colturale scelta che ha originato asporti molto elevati (Figura 3), non ha determinato accumuli nel suolo degli elementi nutritivi. Piuttosto la gestione prolungata di questo tipo di sistema colturale potrebbe determinare impoverimento del suolo. Va sottolineato che l'elevata frazione ammoniacale che lo caratterizza, richiede una maggiore at-

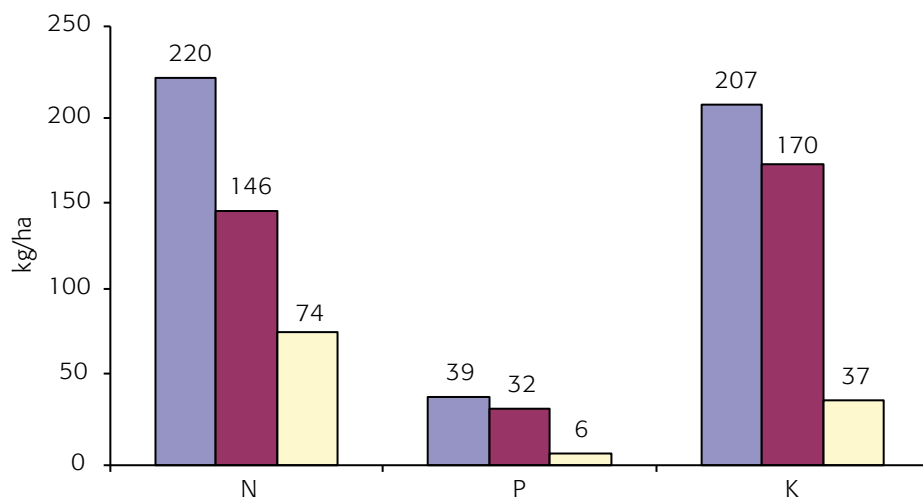


Figura 2

Macchina spandiliquame parcellare rasoterra.

Figura 3

Apporti, asporti e bilancio colturali di azoto (N), fosforo (P) e potassio (K) nel sistema Biogas.



### Aspetti tecnico-economici e tecnico-energetici del sistema Biogas

L'economicità del sistema è stata valutata considerando un'azienda agraria con una superficie di 30 ha, sulla quale insiste una rotazione quadriennale dove ogni coltura copre un quarto della superficie.

Allo stato attuale dei prezzi di mercato, la produzione di biomassa consente redditi superiori rispetto ai cereali (*Tabella 5*). Questo risulta particolarmente evidente per il sorgo caratterizzato da una maggiore produzione, da minori costi di coltivazione e da un'umidità più elevata rispetto al mais, alla quale non corrisponde una riduzione del prezzo di prodotto alla vendita.

Tutte le colture hanno presentato un rapporto output/input energetici superiore a 10 (*Tabella 6*). Ciò è dovuto principalmente al mancato utilizzo di fertilizzanti chimici. Gli input energetici importanti sono legati al consumo di gasolio e ai diserbanti del mais. Il saldo di energia netta per ettaro di mais trinciato e sorgo è stato rispettivamente di 4,88 e 5,18 tonnellate equivalenti di petrolio.

Anche in termini di energia netta, cioè di efficienza con cui viene utilizzata la risorsa suolo, il sistema colturale Biogas ha consentito di produrre mediamente fra le colture in rotazione, 4,17 toe/ha e si presenta quindi estremamente interessante in presenza di disponibilità di acqua.

Parametri	Frumento		Sorgo		Mais granella		Mais trinciato	
	Costi	Ricavi	Costi	Ricavi	Costi	Ricavi	Costi	Ricavi
Totale costi meccanici	-415		-448		-508		-509	
Totale costi per risorse	-151		-24		-455		-454	
Totale costi extra-aziendali	-360		-582		-609		-662	
<b>Totale costi</b>	<b>-926</b>		<b>-1054</b>		<b>-1572</b>		<b>-1625</b>	
Contributo PAC		293		293		293		293
Plv		837		2452		1338		1800
<b>Totale ricavi</b>		<b>1129</b>		<b>2745</b>		<b>1631</b>		<b>2093</b>
<b>Utile lordo con PAC</b>		<b>203</b>		<b>1691</b>		<b>59</b>		<b>468</b>
<b>Utile lordo senza PAC</b>		<b>-89</b>		<b>1399</b>		<b>-234</b>		<b>176</b>

Tabella 5

Bilancio tecnico-economico delle colture del sistema Biogas. Tutte le voci sono espresse in €/ha.

Parametri	Frumento		Sorgo		Mais granella		Mais trinciato	
	Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
Gasolio	-4973		-5767		-5655		-5871	
Trattrici	-1417		-1402		-1601		-1583	
Macchine operatrici	-863		-906		-1210		-974	
Fertilizzanti	0		0		0		0	
Diserbanti	-369		-590		-2360		-2360	
Antiparassitari, fungicidi	0		0		0		0	
Semente	-3233		-202		-419		-419	
Totale costi per risorse	-3619		-805		-2798		-2801	
Totale costi extra-aziendali	-1634		-3794		-3326		-4186	
<b>Totale input energetici</b>	<b>-12506</b>		<b>-12674</b>		<b>-14590</b>		<b>-15415</b>	
Totale output energetici		139886		233752		163561		219649
Energia netta (MJ/ha)		127377		221076		148972		204237
Energia netta (toe/ha)		3,04		5,18		3,56		4,88
Rapporto Output / Input		11,18		18,44		11,21		14,25

Tabella 6

Bilancio energetico delle colture del Biogas. Tutte le voci di input/output sono espresse in MJ/ha.

In conclusione la convenienza economica di tale sistema è vincolata alla disponibilità di acqua, alle produzioni unitarie ottenibili e alla vicinanza degli appezzamenti a un impianto di biogas. Ciò permette di ridurre le distanze di trasporto della biomassa e dei reflui prodotti, con una conseguente riduzione dei tempi, dei costi e dei consumi energetici legati alle operazioni logistiche.

### Ringraziamenti

- Berardo Michele
- Marcello Peverelli (emme emme – macchine agricole)
- Vanzetti Carlo (Cooperativa Speranza – Candiolo)

### Bibliografia

- Amon T. Amon B., Kryvoruchko V., Zollitsch W., Mayer K, Gruber L., 2007. *"Biogas production from maize and dairy cattle manure- Influence of biomass composition on the methane yield."* Agriculture Ecosystems and Environment 118, 173-182.
- Bechini L., Negri M., Manfredini A., Marino P., Maggiore T., 2009. *Come fertilizzare con il digestato.* Supplemento a L'informatore Agrario, 29: 34-37.
- Berruto R., Busato P., Ghiotti G., Landorno F., Sacco D., Sanino N, Remogna E., Maccanti E, Grignani C., Parola F., Benzo M., 2009. *Irrigare il mais: efficienza d'uso, consumi energetici, risparmio idrico.* Supplemento a Quaderni della Regione Piemonte, 62.
- Berton M., Boschetti A., 2006. *Agrienergia: è vera opportunità? L'informatore Agrario, 4: 57-58.*
- Bonardi P, Lorenzoni C., Amaducci S., 2007. *Il sorgo può insediare il mais per la produzione di biogas.* L'informatore Agrario 13: 37-40.
- Lorenzoni C, Maggiore T., 2006. *Quali sono i migliori mais per la produzione di energia.* L'informatore Agrario, 13: 61-66.