

• RACCOLTA, RESE E IMPIANTI DI CARDO, MISCANTO, CANNA COMUNE

# Biomasse erbacee poliennali adatte alla combustione

## Colture

Le colture erbacee poliennali per la produzione di biomassa lignocellulosica rappresentano una possibilità che potrebbe rivelarsi interessante già nel breve periodo. In prospettiva anche la meccanizzazione della raccolta, di forte incidenza nella quantificazione dei costi, dovrà basarsi su linee di operatrici appositamente studiate



Cardo

di Marco Fiala

**N**el panorama delle colture per la produzione di biocombustibili lignocellulosici che potrebbero adattarsi alle nostre condizioni, un'attenzione crescente è rivolta – in termini di selezione varietale, di tecnica colturale e di meccanizzazione della filiera – ad alcune erbacee poliennali, quali il cardo, il miscanto e la canna comune. Considerata la tipologia del prodotto finale e la trasformazione a cui esso è destinato le peculiarità associabili a tali colture sono, in definitiva, riconducibili alla disponibilità a bocca impianto di elevate quantità di biocombustibile, poco costoso e con buone caratteristiche energetiche.

In altri termini servono: resa elevata

(t s.s./ha/anno), ridotti costi di produzione (euro/t s.s.), umidità alla raccolta contenuta (% sul tal quale), elevato potere calorifico inferiore (MJ/kg s.s.), basso tenore in ceneri (% s.s.).

In *tabella 1* sono sinteticamente riportate le principali caratteristiche delle tre colture. Le operazioni di campo rappresentano il primo «blocco» della filiera biomassa-energia e la loro analisi risulta indispensabile per definirne la sostenibilità complessiva, correttamente valutabile in termini economici (euro/t s.s.), energetici (MJ/t s.s.) e ambientali (kg CO<sub>2</sub>/t s.s.).

## Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

Termofila, diffusa in Italia come orticola. La produzione di biomassa lignocellulosica riguarda tutta la parte epigea (foglie, fusti, capolini, semi). Si adatta a zone con scarse risorse idriche e nutritive; si propaga per seme con una tecnica colturale analoga a quella delle colture cerealicole e/o industriali. Le rese di biomassa non sono elevatissime e la qualità è modesta per l'elevato tasso di ceneri. Durata: 10 anni (si segnalano, tuttavia, cali di vitalità dopo 5 anni).

**Impianto.** Preceduta da concimazione di fondo (spandiconcime o spandiletame), la lavorazione principale, profonda e autunno-invernale, si attua con aratro o ripuntatore e può essere seguita da erpicature per il controllo delle infestanti (erpice a denti). La preparazione del letto di semina va effettuata nella primavera successiva con una (erpice rotativo) o due erpicature (erpice a dischi, a den-

**TABELLA 1 - Colture erbacee poliennali per biocombustibile: caratteristiche energetiche**

Coltura s.s.	Resa (t s.s./ha)	Pci(*) (MJ/kg s.s.)	Composizione					Solidi volatili (%)	Carbonio fisso (%)	Ceneri (%)	Fusione ceneri iniziale-fluida (°C)
			C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)				
Cardo ( <i>Cynara cardunculus</i> )	14,8	14,1	39,0	6,6	0,5	0,2	52,8	72,9	13,1	13,9	1.221-1.265
Miscanto ( <i>Miscanthus sinensis</i> )	37,4	16,9	42,5	7,6	0,1	0,1	49,7	77,2	20,0	2,8	1.004-1.074
Canna comune ( <i>Arundo donax</i> )	36,4	16,7	42,7	7,5	0,8	0,2	48,7	75,2	19,8	5,0	1.016-1.034

(\*) Potere calorifico inferiore.

La canna comune è la coltivazione che rende di più in biomassa (30-35 t di s.s./ha all'anno).





Miscanto

ti), in funzione del terreno. Per la semina, che si esegue da settembre a marzo, a seconda degli ambienti si usano seminatrici di precisione (1-2,5 piante/m<sup>2</sup> in relazione alle condizioni colturali; 3-5 kg seme/ha).

**Raccolta.** Si esegue quando la parte epigea presenta la minore umidità possibile (UR = 15% circa), tra fine luglio e metà settembre, con coltura alta fino a 2 m. Analogamente alla fienagione, lo sfalcio (falciaccondizionatrice) è seguito da andatura (ranghinatore) e dalla raccolta (imballatrice). Le balle (prismatiche o più diffusamente cilindriche) sono successivamente caricate da trattore munito di forca/pinza anteriore su carro per il trasporto/scarico in azienda. In alternativa la raccolta può essere eseguita in un solo passaggio mediante falciatrici-caricatrici con carro/i al seguito per il trasporto del prodotto. Lo stoccaggio del biocombustibile imballato o trinciato non risulta problematico.

**Resa e caratteristiche energetiche.** Le rese in sostanza secca variano – a seconda delle condizioni agronomiche – da 12 a 16, con punte di 21 t s.s./ha all'anno. Il potere calorifico inferiore (Pci) della biomassa è 16-17 MJ/kg s.s., con contenuto in ceneri molto alto (13-20% della s.s.) ma con bassa presenza di silice (12-18% delle ceneri).

### Miscanto (*Miscanthus sinensis* × *giganteus*)

Introdotta a scopo ornamentale, è una delle colture da biomassa (foglie, fusti, infiorescenza) di maggior interesse. Dotata di potente sistema radicale, non è particolarmente esigente verso il tipo di terreno e si avvantaggia degli interventi irrigui nelle fasi iniziali. La meccanizzazione dell'impianto è costosa a causa del costo elevato del materiale di propagazione (rizomi o plantule micropropagate). Per la grande vitalità e il fitto intreccio dei rizomi nel terreno, già dopo 2-3 anni dall'impianto si evidenzia-

no difficoltà nell'eliminazione completa in caso di espanto. Le rese in biomassa sono elevate, tuttavia la qualità è modesta (elevato tasso di silice nelle ceneri). Durata: 15-20 anni.

**Impianto.** La lavorazione principale (aratro o ripuntatore) si attua in autunno (30-40 cm) e può essere seguita da erpicature (erpice a denti) per controllare le infestanti. La preparazione del letto di semina è effettuata nella primavera successiva con una (erpice rotativo) o due erpicature (erpice a dischi, a denti), in funzione del terreno. Segue (marzo-aprile) la propagazione (1-4 piante/m<sup>2</sup>), che si attua con il trapianto sia di rizomi (2-3 gemme) a 10-15 cm di profondità (trapiantatrice da tuberi modificata), sia di piante micropropagate (trapiantatrice per piante a radice nuda).

**Raccolta.** Se posticipata al termine del riposo vegetativo (marzo-aprile), la biomassa risulta secca (UR = 15%), ma la resa si riduce del 5-10% per la perdita delle foglie (esse, tuttavia, sono assai ricche in silice e attuano una pacciamatura che controlla le infestanti durante il periodo invernale). La raccolta si esegue in più passaggi (falciaccondizionatrice, ranghinatore, imballatrice) o, più diffusamente, con falciatrici-caricatrici munite di testata universale e carro/i al seguito. Lo stoccaggio non risulta problematico.

**Resa e caratteristiche energetiche.** Le rese aumentano gradatamente fino al 3° anno di impianto per poi stabilizzarsi per 8-10 anni. In Italia mediamente si ottengono 25-30, con punte di 35 t s.s./ha all'anno. Il potere calorifico inferiore della biomassa è 16-18 MJ/kg s.s., con un contenuto in ceneri piuttosto basso (1,5-4,0% della s.s.), ma con elevata presenza di silice (50-60% delle ceneri), motivo principale della fusione delle ceneri all'interno dei combustori.

### Canna comune (*Arundo donax* L.)

Presenta fusti tradizionalmente utilizzati come tutori o come biocombustibile povero; grazie al potente sistema radicale è forte colonizzatrice di spazi liberi. Si adatta a diversi terreni, prediligendo quelli con buona disponibilità idrica. Le rese sono elevate e costanti nel tempo. La meccanizzazione del trapianto è pure

costosa; inoltre, a fine ciclo è necessaria un'operazione di bonifica prima di intraprendere una nuova coltura. Durata: 8-12 anni.

**Impianto.** La lavorazione principale (aratro) si attua, eventualmente preceduta da fertilizzazione di fondo, in autunno-primavera (40-45 cm). Alla preparazione del letto di semina, effettuata con doppia erpicatura (erpice a dischi, erpice a denti), segue (marzo-aprile) il trapianto (1-2 piante/m<sup>2</sup>; interfila 3 m) utilizzando rizomi (a profondità di 15-20 cm, di 0,3-0,5 kg e dotati di almeno una gemma vegetativa) con una trapiantatrice da tuberi modificata oppure fusti di 2 anni (trapiantatrice per canna da zucchero).

**Raccolta.** È opportuno posticiparla al termine del riposo vegetativo (marzo-aprile), ottenendo biomassa con migliori caratteristiche energetiche (minori contenuti di umidità e di silice). Considerate le notevoli dimensioni degli steli (diametro 2-3 cm), che rendono difficile

l'uso delle falciaccondizionatrici, è possibile impiegare un trinciastocchi specifico di recente realizzazione, che, montato anteriormente al trattore, taglia, sfibra e raccoglie in andana la biomassa che viene imballata (rotoimballatrice) dopo una giornata di essiccazione in campo. È possibile anche ricorrere alla falciatrici-caricatrici a testata universale e carro/i per il trasporto del biocombustibile, ottenendo un prodotto di 1-5 cm, con umidità del 40-50%.

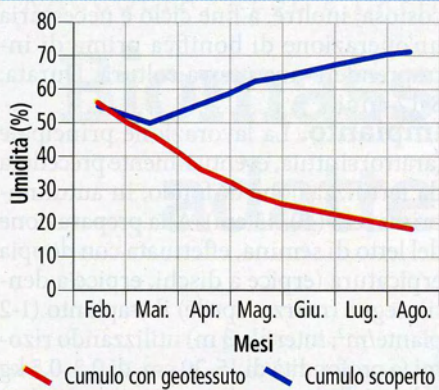
**Resa e caratteristiche energetiche.** Le rese sono molto elevate già dal 2° anno raggiungendo valori di 35-40, con punte fino a 50-55 t s.s./ha all'anno. Il Pci della biomassa è 17-18 MJ/kg s.s., con un contenuto in ceneri elevato (5-8% della s.s.) e buona presenza di silice (40-45% delle ceneri).

Canna comune



Un impianto di 1 MW con rendimento 75% funzionante per 1.500 ore/anno necessita di 500 t/anno di biocombustibile all'umidità del 15% pari alla produzione di circa 14-15 ha di coltivazioni





**GRAFICO 1 - Umidità di cumuli di canna comune trinciata diversamente allestiti**

Il geotessuto consente l'essiccazione del prodotto.

**Fase di campo**

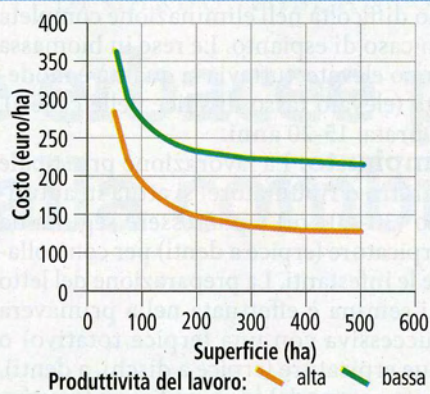
Mentre la lavorazione del terreno, la preparazione del letto di semina e le cure colturali non pongono particolari problemi, facendo riferimento a tecniche e operatrici di tipo convenzionale, l'operazione connessa all'impianto delle colture energetiche rizomatose presenta ancora margini di miglioramento essendo attuata con operatrici modificate.

Analogamente, nella raccolta - soprattutto per le operazioni che precedono l'imbottitura - si fa ancora ricorso a operatrici impiegate per foraggi, spesso adattate con dispositivi atti a migliorarne l'efficacia su coperture fitte, costituite da steli parzialmente lignificati e di dimensioni (altezza, diametri basali) non paragonabili alle colture da foraggio.

In prospettiva, dunque, anche la meccanizzazione della raccolta, di forte incidenza nella quantificazione dei costi di produzione del biocombustibile, dovrà basarsi su linee di operatrici appositamente studiate, ottenendo sensibili miglioramenti delle prestazioni in termini quantitativi, ma anche qualitativi per ottimizzare la successiva fase di trasformazione energetica.

La raccolta di tali colture è attualmente riconducibile:

- a operazioni separate che portano, con l'ausilio di più operatrici, al confezionamento della biomassa in balle (tipicamente adottata per i foraggi affienati);
- a operazioni riunite che effettuano lo sfalcio, la trinciatura e il carico del bio-com-

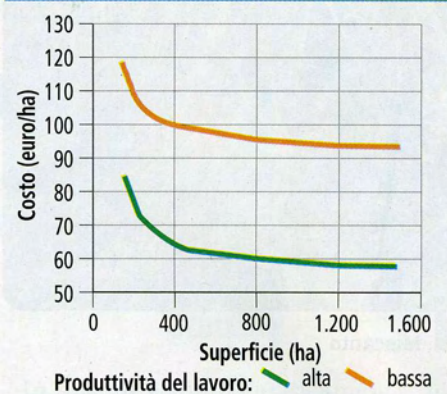


**GRAFICO 2 - Costo del cantiere di raccolta con falciaccondizionatrice, ranghinatore, rotoimballatrice, caricatore frontale, 1 carro senza sponde per il trasporto**

I costi di raccolta scendono sotto i 150 euro/ha per superfici superiori a 200 ha nel caso di alta produttività del lavoro.

bustibile in un unico passaggio (tipicamente adottata per i foraggi insilati).

Nel primo caso, all'assenza di problemi di stoccaggio dovuta alla bassa umidità alla raccolta, alla facilità di impilamento e alla buona massa volumica delle balle - aspetti determinanti nel contenimento dei costi di trasporto/stoccaggio del biocombustibile - si contrappongono svantaggi non trascurabili, quali: minor tempestività dell'intervento; lungo periodo di essiccazione in campo della biomassa tagliata (raccolta estiva); prolungata presenza della coltura in fase di essiccazione e possibile allettamento (raccolta posticipata invernale); impiego difficoltoso delle ordinarie falciatrici e falciaccondizionatrici, a causa delle dimensioni degli steli; elevate perdite meccaniche e inquinamento da terra della biomassa.



**GRAFICO 3 - Costo del cantiere di raccolta con falciatrinciacaricatrice semovente con testata universale e 2 carri foraggeri per il trasporto**

I costi di raccolta scendono sotto i 60 euro/ha con superfici di oltre 600 ha e alta produttività del lavoro.

Operando invece con la falciatrinciacaricatrice si ottiene una maggiore produttività di lavoro, un'elevata flessibilità di intervento (anche se, per miscanto e canna, volendo ottenere un prodotto secco occorre necessariamente intervenire a fine inverno). Di contro il prodotto presenta una massa volumica apparente molto ridotta (70-100 kg/m<sup>3</sup>), che aumenta i volumi di stoccaggio e i costi di movimentazione.

La bassa umidità alla raccolta (cardo, miscanto) consente di gestire lo stoccaggio senza particolari problemi operativi; viceversa (canna), soprattutto nel caso di biomassa trinciata, l'essiccazione naturale in cumulo (grafico 1) è accompagnata da processi biologici che determinano perdite di sostanza secca non trascurabili (10-20%). In ogni caso, i minori costi di stoccaggio-trasporto si raggiungono con biocombustibile imballato, specie se in balle parallelepipedo che riducono al minimo i volumi liberi di impilamento.

In funzione della superficie dominata si possono calcolare i costi (euro/ha) dei cantieri di raccolta e di trasporto fino al centro aziendale sopra descritti.

L'esemplificazione riguarda macchine facenti parte del parco aziendale che operano - tenuto conto della variabilità dovuta alle diverse specie e alle diverse condizioni operative - a livelli di capacità di lavoro «basso» e «alto» (tabella 2) nei periodi utili di raccolta suggeriti dai cicli colturali; la distanza appezamento-cen-

**TABELLA 2 - Capacità di lavoro inserite nel calcolo dei costi di raccolta-trasporto**

Cantiere di raccolta-trasporto (*)		Livello basso (ha/ora)	Livello alto (ha/ora)
C1	Trattore + falciaccondizionatrice	1,0	1,8
	Trattore + ranghinatore	1,0	1,7
	Trattore + rotoimballatrice (Diametro = 1,5; altezza = 1,2 m; 260 kg/m <sup>3</sup> )	0,4	0,6
	Trattore con caricatore frontale + Carro senza sponde (10 balle)	1,0	1,4
C2	Falciatrinciacaricatrice semovente (testata universale)	1,5	2,5
	Trattori con carri foraggeri (n. 2, 100 kg/m <sup>3</sup> ; 24 m <sup>3</sup> )	1,5	2,5
C3	Trattore + trinciastocchi specifico	0,4	0,6
	Trattore + rotoimballatrice (Diametro = 1,5; altezza = 1,2 m; 260 kg/m <sup>3</sup> )	0,4	0,6
	Trattore con caricatore frontale + Carro senza sponde (10 balle)	1,0	1,4

(\*) C1 = cantiere di confezionamento in balle (macchine specifiche); C2 = cantiere di confezionamento in trinciato; C3 = cantiere di confezionamento in balle (macchine convenzionali).



tro aziendale è assunta pari a 0,5 km.

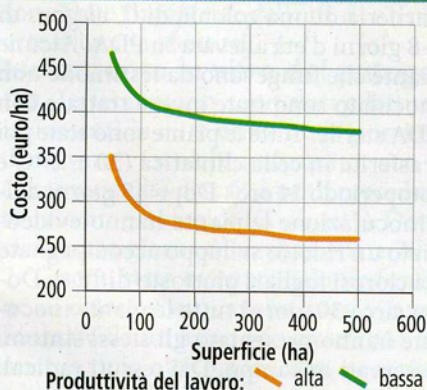
Dai grafici 2, 3 e 4 si evidenzia che:

- il cantiere a operazioni riunite presenta in assoluto i costi minori (60 e 95 euro/ha per capacità di lavoro, rispettivamente, elevate e basse) ma, a causa degli elevati investimenti associati alla falciatrinziatrice, tali valori si ottengono in corrispondenza di elevate superfici (400-500 ha). La soluzione è, dunque, particolarmente adatta per servire distretti energetici o per contoterzisti;
- il cantiere per l'imballatura che impiega il trinciastocchi-andanatore specifico per erbacee da biomassa minimizza i propri costi a superfici decisamente più basse (150-200 ha) ma, nonostante la semplicità organizzativa, a causa delle modeste capacità di lavoro delle operatrici impiegate, i costi sono elevati (260 e 370 euro/ha).

### Fase di trasformazione

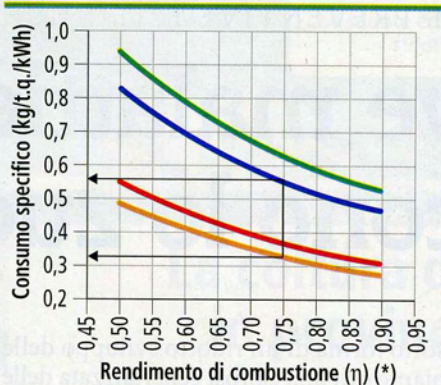
Il biocombustibile da erbacee poliennali può rifornire diversi impianti termici, da quelli di media potenza (0,5-2,0 MW termici; centrali per utenze collettive e/o consortili, teleriscaldamento) a quelli di elevata potenza (2-20 MW termici; calore di processo, centrali termoelettriche cogenerate o non). Tuttavia, nella logica della valorizzazione delle biomasse in «ambito locale» e della «generazione di energia distribuita» (l'unica che permette di raggiungere bilanci energetici di filiera con segno positivo), l'asservimento a impianti di media taglia appare il più confacente.

Tali impianti – in grado di raggiungere rendimenti medi del 75-80% – sono di norma equipaggiati con dispositivi di



**GRAFICO 4 - Costo del cantiere di raccolta con trinciastocchi specifico, rotoimballatrice, caricatore frontale, 1 carro senza sponde per il trasporto**

I costi di raccolta scendono tra 250 e 300 euro/ha con superfici sopra i 100 ha e alta produttività del lavoro.



(\*) Il rendimento  $\eta$  esprime la quota parte di energia disponibile rispetto a quella contenuta nel combustibile.

**GRAFICO 5 - Consumo specifico in funzione del rendimento della caldaia per diverse umidità del biocombustibile**

Disponendo di prodotto con Pci = 18 MJ/kg s.s. e umidità del 45%, con un rendimento del generatore termico di  $\eta = 0,75$ , per generare 1 kWh termico occorrono circa 0,55 kg di biocombustibile. Se l'umidità scende al 15% il consumo specifico si riduce a circa 0,32 kg t.q./kWh. In queste condizioni, ipotizzando un impianto termico della potenza di 1 MWT, la portata di alimentazione è circa 320 kg t.q./ora.

carico a coclea il cui corretto funzionamento dipende essenzialmente dall'omogeneità della pezzatura del biocombustibile. Sotto questo aspetto, la raccolta mediante falciatrinziatrice risulta favorevole rispetto al confezionamento di balle che, prima dell'immissione nel generatore termico, devono necessariamente essere sminuzzate, con conseguente complicazione della filiera e aggravio del costo a bocca impianto.

In termini generali, va sottolineata la modesta qualità del biocombustibile da erbacee poliennali, in molti casi contraddistinto da un elevato tenore di ceneri e dalla cospicua presenza di silice. Ne deriva che, accanto al ricorso a generatori di calore specificamente studiati per evitare il fenomeno della fusione delle ceneri, i biocombustibili in tale senso meno performanti possono essere convenientemente miscelati con materiali più pregiati (ad esempio cippato fine di legna). Inoltre, per miscanto e canna, è preferibile la raccolta dei soli steli, meno ricchi in silice delle foglie, mentre – nel caso del confezionamento in balle – occorre evitare inquinamenti del prodotto con terra. Il buon potere calorifico inferiore che caratterizza la biomassa delle colture erbacee poliennali, unito a una ridotta umidità al momento

dell'impiego, permette di conseguire consumi specifici (kg t.q./kWh termico) di biocombustibile molto interessanti.

Il grafico 5 permette di calcolare il consumo specifico in funzione del rendimento del generatore termico per biocombustibili con le stesse caratteristiche delle erbacee poliennali (Pci = 16 e 18 MJ/kg s.s.; umidità = 15 e 45%).

Nota la potenza dell'impianto di combustione (kW termici), dal consumo specifico si risale alla portata di alimentazione (kg tal quale/ora) e, conseguentemente, in base alle ore di funzionamento della caldaia (ore/anno), alla massa di biocombustibile (t tal quale all'anno) complessivamente necessaria. Dal punto di vista pratico quest'ultima informazione risulta particolarmente utile in quanto, correlata ad altri dati tecnici (resa della coltura, densità del biocombustibile), permette di stabilire il bacino di approvvigionamento dell'impianto, gli appezzamenti in esso interessati, i volumi e i luoghi di stoccaggio, dando modo di organizzare la filiera e la relativa logistica.

### Potenziale

L'impiego delle colture erbacee poliennali per la produzione di biomassa lignocellulosica rappresenta una possibilità che – considerate le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali, le rese ottenibili, la tecnica culturale per molti aspetti analoga a colture convenzionali – potrebbe rivelarsi assai interessante già nel breve periodo. Benché la qualità del biocombustibile non sia ottimale per l'impiego in caldaie, la possibilità di raggiungere umidità alla raccolta contenute risulta un grande vantaggio rispetto ad altre biomasse (a esempio, le arboree a rapido accrescimento); relativamente ai trasporti, al pari di tutte le biomasse, i raggi di utilizzazione risultano ridotti, condizionati dalle masse volumiche in gioco. La meccanizzazione di alcune operazioni di campo presenta ampi margini di miglioramento che, tuttavia, possono essere superati con l'impiego di macchine specifiche, alcune delle quali già in fase di avanzato sviluppo e la cui diffusione commerciale è legata all'importanza che assumeranno le colture energetiche.

• Marco Fiala

Dipartimento ingegneria agraria  
Università di Milano  
marco.fiala@unimi.it



Per consultare la bibliografia e gli approfondimenti: [www.informatoreagrario.it/rdLia/09ia30\\_4463\\_web](http://www.informatoreagrario.it/rdLia/09ia30_4463_web)