



Unione europea
Fondo sociale europeo



MINISTERO DEL LAVORO
E DELLA PREVIDENZA SOCIALE

Direzione Generale per le Politiche
per l'Orientamento e la Formazione



PEREQUAL

PERCORSI DI RIQUALIFICAZIONE
PER ADDETTI DEL COMPARTO
DELLA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

Percorsi di riqualificazione per addetti del comparto della meccanizzazione agricola

Meccanizzazione per le filiere bioenergetiche. Tecnologie esistenti e sviluppo di innovazioni tecnologiche e tipologiche

A cura di:

Prof. Ing. Pier Riccardo Porceddu

Università degli Studi di Perugia, Dip. Di Scienze Agrarie e Ambientali, Borgo XX Giugno, 74, 06121 Perugia



Il presente progetto è finanziato con il sostegno della Commissione europea. L'autore è il solo responsabile di questa pubblicazione e la Commissione declina ogni responsabilità sull'uso che potrà essere fatto delle informazioni in essa contenute.

Sommario

Introduzione.....	3
1. Vantaggi e svantaggi delle colture energetiche	4
2. Sperimentazione eseguita: confronto tecnico ed economico su diverse possibilità di raccolta delle potature di vite ed olivo per fini energetici.....	14
3. Sviluppi futuri.....	29
4. Un progetto di filiera dalle potature di vite alla produzione di energia.....	31
5. Sperimentazione eseguita. Analisi tecnica ed economica del pioppo srf.....	38
6. Le colture oleaginose	48
7. Le colture glucidiche.....	53
8. Bibliografia.....	67

INTRODUZIONE

L'aumento della temperatura della superficie del Pianeta, meglio noto come fenomeno del *global warming* ed il continuo incremento del prezzo dei combustibili fossili, stanno inducendo molti paesi industrializzati a rivedere la propria politica energetica verso un più largo uso di fonti rinnovabili.

In questa ottica la conferenza di Kyoto del dicembre 1997, ha portato gli stati partecipanti a riconsiderare le proprie politiche energetiche, individuando al contempo obiettivi mirati alla riduzione dell'impatto ambientale. La conferenza si è conclusa con la firma di un Protocollo con il quale nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012 i Paesi firmatari si sono impegnati a ridurre le emissioni del 5,3%, rispetto ai livelli del 1990. A Kyoto l'Unione Europea ha assunto l'obiettivo, di ridurre le emissioni dell'8%, attribuendo all'Italia un contenimento pari al 6,5%.

Il raggiungimento di un tale obiettivo a livello nazionale si attua anche attraverso azioni di:

- sviluppo di nuove fonti di energia rinnovabile (energia da biomassa) e di tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni;
- incremento delle capacità di assorbimento dei gas serra rilasciati in atmosfera, mediante azioni di forestazione;
- promozione di forme di gestione sostenibile della produzione agricola, incentivando misure di rimboschimento, riducendo l'impiego di fertilizzanti, favorendo il mantenimento della sostanza organica ecc.

Con il termine *biomassa* si intende ogni sostanza organica diversa dal petrolio, dal gas naturale, dal carbone o dai prodotti da questi derivati, che sia utilizzabile come combustibile. Sono biomasse i rifiuti urbani, i diversi prodotti agricoli, forestali ed agro-industriali ed altri prodotti di rifiuto organico.

Con specifico riferimento all'attività agricola, possono essere considerate biomasse i prodotti delle colture energetiche (coltivazioni erbacee, forestali, forestali a breve ciclo di taglio) ed i sottoprodotti delle coltivazioni erbacee ed arboree e forestali.

1. VANTAGGI E SVANTAGGI DELLE COLTURE ENERGETICHE

Le colture energetiche sono colture “dedicate” alla produzione di biomassa, utilizzabile nei diversi processi tecnologici di conversione energetica. Queste colture possono essere raggruppate in tre tipologie principali:

- colture lignocellulosiche (SRF, canna, miscanto, kenaf, ecc.).
- colture oleaginose (girasole, colza, ecc.);
- colture alcoligene o zuccherine (sorgo zuccherino, barbabietola da zucchero, cereali, ecc.).

Le colture da biomassa lignocellulosica sono specie a elevata produzione di sostanza secca, che può essere sottoposta a differenti processi: combustione, pirolisi, gassificazione, liquefazione. Questa tipologia colturale può essere a sua volta distinta in due categorie:

- *Short Rotation Forestry* (SRF). Si tratta di piante arboree a rapido accrescimento e ricrescita dopo il taglio e con elevate rese in biomassa. L'impianto è realizzato con elevato grado di fittezza e la ceduzione e la raccolta sono fatti con turni di taglio frequenti (2-4 anni). Dalle esperienze condotte le specie più adatte sono il pioppo, il salice e la robinia, pur manifestando differenti capacità di adattamento alle condizioni agropedoclimatiche (soprattutto in termini di disponibilità idriche) e l'eucalipto, sensibile alle basse temperature invernali e ai ritorni di freddo primaverili.
- Colture erbacee poliennali o annuali. Particolarmente adatte agli areali italiani sono il miscanto e la canna comune, soprattutto per le aree del Centro-Nord, e il sorgo da fibra. In condizioni di limitata disponibilità idrica, buone sono le potenzialità del cardo (soprattutto nelle aree centromeridionali).

Le colture oleaginose più diffuse in Italia sono il girasole, il colza e la soia. Dall'esterificazione degli oli di queste colture si ottiene il biodisel, con proprietà e prestazioni simili a quelle del gasolio minerale. Il biodisel si caratterizza per l'assenza di zolfo e di composti aromatici, il contenimento del particolato fine (Pm10) e la capacità di contribuire alla riduzione dell'effetto serra.

Tra le colture alcoligene, le specie più diffuse sono la canna da zucchero, il frumento, il sorgo e il mais, ma anche la barbabietola da zucchero e il topinambur. Dalle colture zuccherine si produce, per fermentazione dei carboidrati, il bioetanolo, che viene addizionato alle benzine, previa trasformazione in etilertiobutilettere.

Il comparto agricolo oltre alle colture dedicate produce un'ampia varietà di sottoprodotti derivanti da colture erbacee ed arboree, queste ultime costituite dalle potature di vite, olivo e frutteti. Questi residui sono generalmente trinciati ed interrati sul campo o raccattati e bruciati ai margini dello stesso.

Viceversa, data la loro diffusione e consistenza sul territorio nazionale (tab. 1), sarebbe auspicabile il recupero a fini energetici, considerando che si tratta di prodotti comunque disponibili.

Le colture energetiche generalmente richiedono pratiche colturali poco intensive ed hanno importanti ricadute ambientali (vedi box Pessina). In particolare tali colture possono contribuire:

- alla cattura/immobilizzazione della CO₂;
- alla riduzione delle emissioni di gas serra;
- alla diversificazione colturale;
- all'incremento di energia da fonti rinnovabili;
- al contenimento dei consumi di combustibili fossili.

Per quanto concerne la possibile riduzione dell'emissione di CO₂ nell'atmosfera occorre ricordare come tutte le piante, anche le specie da energia, sottraggano CO₂ dall'atmosfera durante la fotosintesi e la rimettano durante l'utilizzo energetico.

Ne deriva pertanto un bilancio teorico tra emissioni e assorbimenti in sostanziale pareggio (fig. 1). Inoltre la conversione dei terreni dalle colture erbacee tradizionali a ciclo annuale a coltivazioni "dedicate" per fini energetici a ciclo poliennale (SRF), determina una riduzione delle emissioni di anidride carbonica, data la minore frequenza delle lavorazioni preparatorie del terreno e, al contempo, del maggiore accumulo di sostanza organica nello stesso (soprattutto nelle specie a foglia caduca).

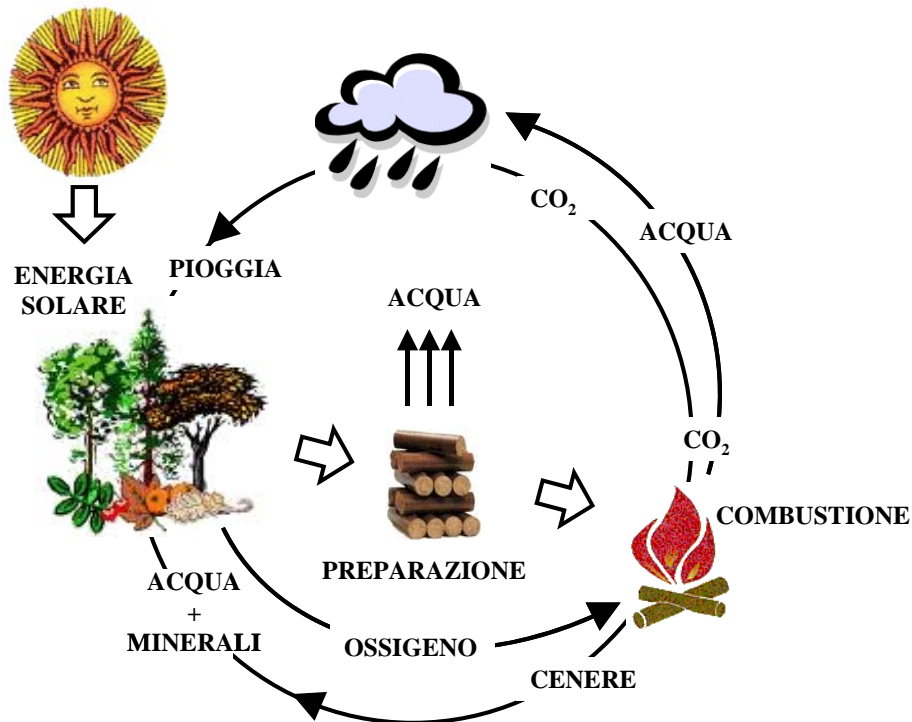


Fig. 1. Scambi tra biomassa e ambiente.

Il grado di biodiversità delle colture energetiche annuali e quello delle colture erbacee tradizionali (tipo mais e sorgo) è del tutto analogo; di contro, le SRF presentano di norma una diversità nelle piante sottostanti la coltura, una varietà di uccelli e di piccoli mammiferi decisamente maggiore rispetto alle colture erbacee. A livello del sistema colturale, la biodiversità può risultare senz'altro incrementata dal fatto che nelle colture da biomassa si tende maggiormente a evitare o limitare il ricorso agli erbicidi rispetto alle coltivazioni tradizionali. Infatti la presenza delle infestanti nelle colture da energia è molto più accettabile, tra l'altro le stesse possono incrementare la stabilità dell'agroecosistema, essendo spesso ospiti o intermediari di insetti e parassiti e/o cibo per predatori.

Altro aspetto rilevante riguarda la riduzione degli impieghi di fertilizzanti e fitofarmaci, con la conseguente diminuzione dei rischi d'inquinamento delle acque sia superficiali che profonde. Inoltre per ciò che concerne i rischi di erosione nelle aree in pendio e nei terreni pianeggianti particolarmente sensibili, è unanimemente riconosciuto che le colture poliennali da energia, sia erbacee che arboree, ad alta densità d'impianto, costituiscono uno dei più efficaci mezzi di riduzione del pericolo, ciò sia per la presenza pressoché continua della vegetazione sul terreno, che costituisce direttamente una valida copertura del suolo, sia per l'incremento di sostanza organica negli strati superficiali del terreno e per l'effetto "mulching" prodotto soprattutto dalle foglie cadute annualmente (nel caso di SRF), sia per l'effetto di trattenimento delle masse terrose operato dagli apparati radicali durante i periodi maggiormente piovosi dell'anno.

Sotto il profilo paesaggistico, anche per le colture da energia, e soprattutto per quelle poliennali, si devono valutare gli eventuali effetti negativi che una loro disordinata introduzione sul territorio potrebbe determinare sulla tipicità del paesaggio agrario e agroforestale. Infatti anche a livello aziendale occorre pianificare la realizzazione di questo tipo di coltivazioni, tenendo conto delle specifiche caratteristiche del sito, cercando di creare, per quanto possibile, un equilibrio fra aree a bosco e superfici a seminativo, evidenziando semmai i tratti distintivi del territorio (piccole valli, corsi d'acqua, dirupi ecc.), evitando nel contempo di nascondere le caratteristiche geomorfologiche del paesaggio e gli eventuali manufatti storici che identificano ciascuna zona.

Infine, in numerose occasioni, gli impianti di SRF potrebbero anche svolgere un importante ruolo ricreativo e di fruizione degli spazi verdi (ad esempio se attraversate da percorsi sportivi), o anche sviluppare diverse funzioni protettive (ad esempio schermanti il rumore, di filtro per le particelle volatili inquinanti e per le polveri lungo le strade e le autostrade).

Concludendo le colture poliennali hanno effetti ambientali positivi in quanto consentono la riduzione nell'impiego di fitofarmaci, il controllo del fenomeno erosivo, il miglioramento dell'habitat per la fauna selvatica, l'incremento dei livelli di carbonio catturati, la riduzione dei rischi di alterazione negativa della qualità delle acque superficiali, la riduzione dell'emissioni di gas-serra per unità di energia prodotta dal sistema colturale, il potenziale miglioramento della qualità paesaggistica dei territori rurali.

Va poi aggiunto che la SRF può, in taluni casi, rappresentare una possibile soluzione "biologica" ai problemi di recupero di terreni contaminati da elementi chimici indesiderati (ad esempio metalli pesanti), che vengono così assorbiti in una biomassa che non ha destinazione alimentare. In questo caso tuttavia un'attenta riflessione sarà necessaria in merito al successivo destino delle ceneri, eventualmente prodotte per combustione di un materiale qualitativamente non perfetto.

L'utilizzo delle biomasse a fini energetici può quindi assumere un ruolo strategico per:

- ridurre la forte dipendenza dai prodotti di origine fossile, importati per il 90% dall'estero;
- diversificare le fonti energetiche attraverso la valorizzazione e l'utilizzo di quelle autoctone e non inquinanti;
- ridurre i costi di trasporto dell'energia elettrica tramite una produzione decentrata e diffusa;
- fornire un'alternativa produttiva al mondo agricolo, con miglioramento della fertilità dei suoli (aumento di sostanza organica) e della biodiversità;
- creare nuove opportunità imprenditoriali e occupazionali, con vantaggi economici e sociali;
- promuovere lo sviluppo sostenibile, rivalutare i terreni marginali e quelli posti a riposo forzato (set aside obbligatorio) contribuendo così al risanamento e alla difesa del territorio dai rischi di degrado idrogeologici e per scongiurare i mutamenti climatici;

- diffondere una cultura dell'ambiente e delle risorse naturali

La diffusione delle colture energetiche non è tuttavia di semplice realizzazione, per motivi di natura sia politica che tecnica ed economica. Per il decollo della filiera, infatti, sono anzitutto necessari provvedimenti di politica energetica e soprattutto fiscale, volti ad agevolare e incentivare il ricorso al queste fonti energetiche rinnovabili. Molto rimane ancora da fare a livello di ricerca e sperimentazione, con riferimento ai seguenti settori:

- miglioramento genetico delle specie utilizzabili, per lo sviluppo di varietà a rapida crescita, a elevato potenziale produttivo, ad alto rendimento energetico e a bassi costi di produzione;
- messa a punto di tecniche colturali a basso impatto ambientale, per l'incremento della sostanza organica nel suolo e della biodiversità, oltre che per la riduzione dei costi di produzione della biomassa;
- valorizzazione delle colture poliennali per limitare i costi d'impianto delle coltivazioni e per la riduzione del rilascio dell'azoto nitrico per lisciviazione e/o ruscellamento superficiale;
- approfondimento delle analisi economiche;
- valutazione completa dell'impatto ambientale delle colture da biomassa con opportune metodologie analitiche, come l'analisi del ciclo di vita (life-cycle analysis).

Altro problema fondamentale riguarda l'approvvigionamento delle biomasse agli impianti di conversione. Le biomasse di origine agricola o forestale, siano esse sottoprodotti del ciclo agricolo o produzioni energetiche principali, sono in genere distribuite su un'area estesa, pertanto è importante la superficie territoriale sottesa all'impianto.

La reperibilità vera e propria è poi condizionata dalla fonte o dalle fonti di biomassa che si intende concretamente utilizzare (sottoprodotti o prodotti principali da coltivazioni erbacee, arboree e forestali). Ciascuna di queste fonti presenta problematiche proprie, connesse con le conoscenze disponibili, il grado di maturità tecnologica delle operazioni di raccolta, il periodo di raccolta, la possibilità di conservazione e stoccaggio anche per lunghi periodi, la stagionalità della produzione, le difficoltà di accesso (per esempio nelle coltivazioni forestali), l'individuazione di schemi di tecnica colturale validi, le tecnologie di utilizzazione, l'ottenimento di rendimenti di conversione elevati, la disponibilità di un mercato, l'accettabilità sociale e, non in ultimo, i problemi legati alla scarsa remunerazione, che spinge gli agricoltori a non recuperare affatto la risorsa.

La penetrazione delle biomasse nel mercato dell'energia dipende, quindi, non solo da un'adeguata valorizzazione della componente energetica dei prodotti e dei sottoprodotti agricoli, ma anche da una puntuale pianificazione territoriale che tenga conto di fattori quali le caratteristiche geologiche e pedoclimatiche della zona considerata, le risorse potenziali, i costi economici delle colture e i loro

benefici sia economici che ambientali, il mercato dei combustibili alternativi alla biomassa con destinazione energetica, le esigenze energetiche locali, ecc.

1.1 LA RACCOLTA DEI RESIDUI DI POTATURA

La potatura di vigneti e frutteti produce un'ingente quantità di scarti legnosi, che potrebbero essere adeguatamente valorizzati se gli agricoltori considerassero questi residui di potatura come una risorsa, invece che come un problema di smaltimento (tab. 1).

Coltura	Superficie agricola [ha]	Residuo prodotto [t/ha]
Olivo	1.062.326	1.7
Vite	717.333	2.9
Agrumi	83.325	1.8
Nocciolo	66.681	1.9
Melo	64.398	0.1
Pesco	58.113	0.2
Pero	44.568	0.1

Tab.1. Superficie agricola e residui delle principali colture arboree.

Questa situazione è estendibile a tutto il territorio italiano; il problema è di gestire il residuo legnoso di potatura con cadenza annuale o biennale, a seconda della frequenza con cui si effettua la potatura stessa. In genere (soprattutto negli oliveti) il materiale con diametro superiore a 4 cm, viene utilizzato come legna da ardere e quindi raccolto manualmente durante la potatura. Il materiale più sottile non ha ancora sbocchi commerciali e può essere smaltito in due modi: con la triturazione in campo o la bruciatura ai margini dello stesso.

Nel primo caso l'agricoltore passa negli interfila con un trinciasarmenti, triturando così i residui disposti in andana e lasciandoli nel terreno. Spesso, però, l'interramento è sconsigliato per ragioni fitosanitarie e il residuo viene portato fuori con un trattore munito di forca, e bruciato. Questa seconda modalità operativa, oltre a comportare un ulteriore aumento delle spese colturali, si scontra con le limitazioni legali imposte alla bruciatura in campo. In realtà, il residuo di potatura è un ottimo combustibile e può essere impiegato da una vasta varietà di utenze. Nel Sud Italia esiste già un mercato delle potature legnose, destinate ai forni per la panificazione. La possibilità di vendere il residuo consente, quindi, di compensare, almeno in parte, i costi di smaltimento e comunque rappresenta una valida alternativa alla trinciatura o alla bruciatura, che sono solo voci di costo passive.

Il punto nodale resta quello del costo di raccolta che, per essere economicamente vantaggioso, non deve eccedere il limitato valore del prodotto. Occorrono quindi tecnologie efficaci ed economiche,

progettate per un ambiente di lavoro particolare, spesso caratterizzato da spazi di manovra molto stretti, che richiedono attrezzature ad ingombro minimo e particolare maneggevolezza. Inoltre le macchine devono poter lavorare ad una velocità abbastanza elevata dato che la densità del prodotto è bassa, per cui una buona produttività può ottenersi solo trattando superfici abbastanza estese in tempi ragionevolmente limitati.

Le macchine per la raccolta di tali prodotti derivano dalla modifica di attrezzature agricole destinate ad operazioni simili (raccolta foraggi o trinciatura di stocchi) e sono rappresentate da imballatrici e trinciacaricatrici.

1.2 LE IMBALLATRICI

Con l'imballatura i residui agricoli vengono organizzati in unità omogenee per forma e dimensioni. Trattasi di balle parallelepipedo o cilindriche, in cui il prodotto è stato tagliato per adeguare le sue dimensioni a quelle della balla.

L'imballatura facilita lo stoccaggio prolungato, perché le balle presentano i problemi di fermentazione del cippato.

Tre sono i tipi di imballatrice che si possono utilizzare: imballatrici parallelepipedo standard, rotoimballatrici standard e rotoimballatrici leggere.

- *Imballatrici parallelepipedo standard.* Sono delle pressa-foraggi modificate, capaci di confezionare balle parallelepipedo tramite un normale dispositivo a stantuffo, con moto rettilineo alternativo. Si tratta di macchine leggere che vengono trainate dal trattore agricolo (40-60 kW di potenza) e presentano una larghezza di lavoro di 1-1,5 m. Le macchine distribuite dalla Lerda, (modelli 900, 1100 e 1500 -il numero corrisponde, in millimetri, al fronte di raccolta), possono trattare potature legnose con un diametro massimo di 7 cm; occorre quindi irrobustire la camera di compressione, lo stantuffo e il tagliente laterale e modificare anche l'annodatore per consentire l'impiego di uno spago più robusto. Le balle hanno dimensioni variabili, ma comunque vicino ai valori standard di 45 x 35 x 70 cm. Il peso di queste varia in funzione del materiale trattato e della sua umidità: i sarmenti producono le balle più leggere (del peso di circa 20 kg), mentre le balle di olivo sono più pesanti (fino a 40 kg). La produttività dipende da alcuni fattori quali: modello, tipo di coltura (vite, olivo o altro), condizioni di lavoro (in particolare, pendenza e spazi di manovra). Si può avere una produttività variabile da 600 a 1.000 balle al giorno, pari a circa 7 ore di lavoro effettivo. Il prezzo di un'imballatrice di questo tipo varia da 8.000 a 15.000 €, in funzione del modello.

- *Rotoimballatrici standard.* Sono delle attrezzature agricole che possono essere impiegate indifferentemente sia nel frutteto che in foraggicoltura. Rispetto alle precedenti, producono balle molto più grandi. La movimentazione diviene più efficiente, dato che può essere effettuata con un trattore

munito di forca, come per il foraggio. Queste macchine sono impiegate soprattutto con l'olivo e con le rosacee, raramente nel vigneto, in quanto le loro rilevanti dimensioni richiedono spazi di manovra adeguati. Inoltre la grossa palla cilindrica non può essere utilizzata tal quale, ma deve prima essere cippata. Altra differenza con le presse quadre è che le rotoimballatrici "avvolgono" la ramaglia nel senso della lunghezza, piuttosto che affastellarla e sezionarla trasversalmente: ciò permette un lavoro più efficiente, anche con materiale relativamente lungo, a patto però che i fusti siano abbastanza flessibili. La macchina produce balle cilindriche con un diametro di circa 1,5 m e volume totale di circa 2 m³. Il peso di una palla varia da 500 a 700 kg, a seconda della regolazione effettuata e del tipo di materiale raccolto. La macchina può essere azionata da un trattore da 60 kW. Il prezzo oscilla intorno ai 35.000 €, per cui risulta adatto alla grande azienda agricola o al contoterzista.

- *Rotoimballatrici leggere.* Impiegano lo stesso principio di funzionamento dei modelli standard, ma riducono l'ingombro tramite una generale "miniaturizzazione"; il peso della macchina è ridotto a un quinto e l'azionamento avviene per mezzo di un piccolo trattore agricolo "da frutteto" capace di erogare 25-30 kW. A seconda del tipo di materiale, le balle pesano da 30 a 40 kg. Anche se viene meno l'efficienza della rotoimballatura industriale, si riesce però ad estendere questa tecnologia anche ai vigneti più stretti e alle proprietà più frammentate. Macchine di questo tipo sono alla portata di tutte le aziende. Le balle possono essere utilizzate in proprio grazie all'ausilio di piccoli bruciatori autonomi appositamente concepiti. Il prezzo si aggira intorno ai 15.000 €.

1.3 LE TRINCIA-CARICATRICI

Le trinciacaricatrici sono macchine provenienti dalle trinciatrici classiche, già presenti sul mercato. Queste ultime infatti consistono in un pick-up di raccolta che solleva il prodotto da terra e lo invia all'azione di un rotore orizzontale, dotato di mazze o martelli, che lo colpiscono ad elevata velocità, riducendolo in piccole parti. Le trinciacaricatrici differiscono da queste per l'applicazione di un elemento che trattiene il prodotto (serbatoio vero e proprio o sacco amovibile).

L'utilizzo delle trincia-caricatrici semplifica molto la logistica del recupero, in quanto la biomassa triturata si comporta come un fluido e può essere movimentata molto più agevolmente rispetto alle balle.

Il trinciato si presenta come un prodotto frantumato e sfibrato. In tali condizioni e data la sua umidità, che al momento della raccolta è generalmente del 50%, il prodotto è attaccato da microrganismi degradatori del legno, che portano ad un aumento della temperatura della massa e a problemi per la sua conservabilità. È pertanto necessario stoccare lo stesso in piccoli cumuli e in locali ben areati. Il trinciato ha però l'inevitabile vantaggio di presentarsi come un fluido e pertanto può essere utilizzato come combustibile in sistemi automatici di alimentazione di una caldaia. In pratica il prodotto può essere sistemato in un serbatoio e alimentare una caldaia tramite una coclea.

Si possono distinguere tre tipologie principali di trincia-caricatrici: le trinciasarmenti modificate, le sminuzzatrici modificate e le pota-raccogliatrici.

- *Trinciasarmenti modificate.* Sono le normali trinciasarmenti a mazze a cui è stato applicato un contenitore ribaltabile in cui raccogliere il trinciato. Le ditte che in Italia producono queste macchine sono la Omarv, la Peruzzo, la Berti e la Nobili. Il principio di funzionamento delle macchine della Omarv si basa sul fatto che il rotore a mazze, oltre a trinciare i sarmenti, produce un flusso d'aria capace di spingere il trinciato verso il contenitore di stoccaggio ribaltabile. La Omarv produce due modelli, la TE 140 R e TR 190, rispettivamente con un cassone di 2,7 e 6,5 m³ di capacità. La Peruzzo produce una linea di trinciasarmenti (a mazze) capaci di raccogliere il trinciato in un contenitore ribaltabile in grado di scaricare direttamente nel cassone di un rimorchio o di un piccolo autocarro. La macchina è disponibile in tre modelli – Canguro 1500, Canguro 1800 e Elephant. La potenza richiesta varia dai 40 ai 70 kW in funzione del modello, inoltre la macchina è capace di trattare la ramaglia avente un diametro massimo di 5 cm. La Berti, con il modello Picker C, è partita da uno dei suoi trinciasarmenti a mazze, a cui ha applicato un contenitore a ribaltamento, in grado di scaricare direttamente in un rimorchio agricolo o in un autocarro leggero. L'attrezzo di base è stato scelto dalla linea Picker, che è dotata di un pick-up frontale che solleva i sarmenti prima di inviarli alle "mazze". Questa soluzione, in origine, era stata concepita per la trinciatura su terreni sassosi, con lo scopo di mantenere le mazze rialzate da terra ed evitare il contatto con le pietre, capaci di danneggiarle o di compromettere l'equilibratura del rotore; nel caso del recupero della biomassa, la lavorazione sopraelevata può servire anche ad evitare la contaminazione della biomassa legnosa da parte di erba e terra, migliorando così la qualità del trinciato. Il prezzo parte da 13.000 €, fino a superare i 30.000 €.

- *Sminuzzatrici modificate.* In questo caso la riduzione del residuo è affidata ad un set di lame (invece che mazze). La macchina consiste in un tamburo o un disco sminuzzatore, a cui è applicato un pick-up per la raccolta delle ramaglie. Finora è disponibile solo come prototipo e tra quelli più noti ricordiamo il modello costruito in Italia dall' ISMA (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola) e quello costruito in Germania dalla Jordan. Il prototipo dell'ISMA deriva da una trinciamais monofilare Galignani, adattata per la raccolta-trinciatura del fieno essiccato, tramite l'aggiunta di un aspo raccogliatore. La macchina è stata poi ulteriormente modificata per trattare materiale legnoso, dando risultati soddisfacenti. Presenta anche un basso costo d'acquisto.

- *Pota-raccogliatrici.* Sono prodotte dalla ditta Favaretto di Mestre e sono costituite da un semovente capace di effettuare potatura, trinciatura e trasporto in un solo passaggio. L'organizzazione a cantieri riuniti consente una grande efficienza operativa. Il prototipo avanzato (noto col nome di Speedy-Cut) è costituito da una piattaforma a propulsione gommata, con motore da 150 kW e trasmissione idrostatica; sulla piattaforma sono montati la cabina e i vari organi di lavoro: potatrice, trituratore, convogliatore e cassone. La potatura è effettuata per mezzo di una barra multidischi, applicata ad un braccio idraulico posto sul lato destro della macchina. I rami tagliati cadono in una vasca posta sotto la barra, dove un convogliatore invia le potature alla camera di triturazione, che contiene un dispositivo a

mazze (simile a quello montato sulle trinciasarmanti). All'uscita della camera di triturazione c'è una griglia di calibrazione che serve a migliorare la qualità del prodotto; i frammenti che non passano attraverso la griglia, infatti, ritornano alla camera di triturazione per essere raffinati. Il resto, tramite un sistema di convogliatori, viene portato verso il cassone ribaltabile montato posteriormente. Il cassone ha una capacità di circa 10 m³ e può scaricare direttamente su un rimorchio agricolo. Complessivamente il sistema di lavorazione offre il vantaggio di evitare qualsiasi contaminazione, perché la biomassa lavorata non tocca mai terra. Il problema può risiedere nell'esclusiva produzione di materiale fresco, poiché la lavorazione a cantieri riuniti impedisce di interporre un periodo di stagionatura a terra tra il taglio e la trinciatura. Comunque ciò può essere risolto con una logistica ben curata, che permetta di velocizzare le consegne, riducendo al minimo i tempi di stoccaggio. Le dimensioni della macchina sono tali da impedirne l'uso nei vigneti e in tutti gli impianti con sesto stretto (la macchina è stata infatti concepita per noceti, siepi e altre colture arboree abbastanza rade). Anche in questo caso i dati disponibili sono abbastanza esigui e inoltre resta da verificare se la pezzatura del trinciato prodotto sia compatibile con gli impianti di riscaldamento alimentati a cippato.

2. SPERIMENTAZIONE ESEGUITA: CONFRONTO TECNICO ED ECONOMICO SU DIVERSE POSSIBILITÀ DI RACCOLTA DELLE POTATURE DI VITE ED OLIVO PER FINI ENERGETICI

A differenza delle colture energetiche, i sottoprodotti agricoli non richiedono sperimentazioni sulla loro produzione, in quanto sono già disponibili. È sembrato pertanto necessario approfondire le conoscenze circa le possibilità di raccolta e la convenienza tecnico-economica.

Sono state eseguite prove di raccolta nel Centro Italia in oliveti di varietà Frantoio e Leccino, allevati a vaso con sesti d'impianto 5X5 m. Le piante avevano subito la potatura annuale ed i residui erano stati sistemati in andane per agevolarne la raccolta.

I vigneti, sempre ubicati nel Centro Italia, presentavano un investimento di circa 3500 piante ad ettaro, allevate a controspalliera. Anche in questo caso i sarmenti erano stati sistemati in andane.

Le prove sono state effettuate con due macchine imballatrici (LERDA 900L, CAEB MP400/S) e due trinciacaricatrici (BERTI Picker/C 140, NOBILI TRP 145-RT).

L'imballatrice prismatica della LERDA (tab.2) è una macchina di tipo trainato ed azionata dalla presa di potenza. L'organo raccoglitore consiste in un pick-up a tamburo rotante con denti elastici, che convoglia il prodotto all'interno del sistema di alimentazione, da cui raggiunge la camera di compressione. La macchina ha un funzionamento in continuo e lo scarico di ogni balla avviene per effetto della spinta della successiva, senza necessità di interrompere la raccolta (figg.1-2). Le balle prodotte durante le prove avevano dimensioni di 0,3X0,4X0,6 m (figg.3-4).

LERDA	Larghezza_{totale} [m]	Larghezza_{lavoro} [m]	Camera di compressi one	Potenza assorbita [kW]
800L	1,50	0,75	0,32-0,42	15-20
900L *	1,65	0,90	0,32-0,42	15-20
1000L	1,80	1,05	0,32-0,42	15-20
1100L	2,00	1,20	0,32-0,42	15-20
1300L	2,10	1,35	0,32-0,42	18-24

* modello impiegato nelle prove

Tab. 2. Modelli disponibili per l'imballatrice prismatica della LERDA.



Fig.1-2 Imballatrice prismatica Lerda 900L.



Fig. 3-4 Balla prismatica di vite e di olivo prodotte dalla Lerda.

La rotoimballatrice della CAEB (tab.2) è un'operatrice portata ed azionata dalla presa di potenza, a cui possono essere applicate due ruote per regolarne l'altezza da terra.

CAEB MP400/S	Larghezza_{lavoro} [m]	p.d.p.	Potenza assorbita [kW]
930 *	0,93	540-750	15
1230	1,23	540-750	15
1530	1,53	540-750	15

* modello impiegato nelle prove

Tab.3 Modelli disponibili per la rotoimballatrice della CAEB.

La macchina è dotata di circuito idraulico per l'apertura e chiusura della camera di compressione, per consentire lo scarico. Anteriormente è presente un pick-up di raccolta a denti rigidi per il sollevamento del prodotto, che viene poi fatto passare attraverso due rulli dentati ed introdotto nella camera di compressione a sezione fissa, dotata di dispositivi di imballatura a rulli di acciaio. La legatura della palla avviene tramite fasciatura con rete in nylon, mentre il successivo scarico, si realizza a macchina ferma (figg.5-6). Le balle prodotte avevano dimensioni costanti: diametro di 0,4 m e lunghezza di 0,6 m (fig.7).



Fig. 5 Rotoimballatrice Caeb MP400/S.



Fig. 6 Rotoimballatrice Caeb MP400/S.



Fig. 7 Rotoballa di vite prodotta dalla Caeb.

La trinciacaricatrice della BERTI (tab. 3) è una macchina operatrice di tipo semiportato, dotata di ruote proprie, necessarie a garantire la corretta altezza dal suolo e ad evitare rischi di impennamento della trattrice, dovuti al peso a pieno carico della macchina stessa.

Il collegamento tra trattrice e operatrice avviene tramite l'attacco a tre punti e la presa di potenza, è inoltre necessario il collegamento al circuito idraulico, per il sollevamento del contenitore del prodotto nella fase di scarico.

BERTI PICKER /C	Larghezza totale [m]	Larghezza lavoro [m]	Martelli [n.]	Capacità raccoglitore [m ³]	p.d.p.	Potenza assorbita [kW]
120	1,43	1,20	12	1,77	540	37-44
140 *	1,63	1,40	12	2,10	540	41-48
160	1,83	1,60	14	2,40	540	44-52
180	2,03	1,80	16	2,70	540	48-55
200	2,23	2,00	18	3,05	540	55-63

* modello impiegato nelle prove

Tab. 4 Modelli disponibili per la trinciacaricatrice della BERTI.

La macchina presenta anteriormente un pick-up di raccolta, provvisto di denti rigidi di forma e disposizione tale da evitare il sollevamento di sassi e terra. Il materiale raccolto, viene successivamente introdotto nella camera di trinciatura, dove un rotore a martelli provvede al suo sminuzzamento. Il movimento di tale dispositivo, genera un flusso d'aria che spinge il materiale nel contenitore. Quest'ultimo è dotato superiormente di un coperchio provvisto di fori per l'allontanamento di aria e polvere. Lo scarico viene effettuato tramite il sollevamento ed il successivo ribaltamento del contenitore (figg.8-9-10).



Fig. 8 Trinciacaricatrice Berti Picker/C 140.



Fig. 9 Trinciacaricatrice Berti Picker/C 140.



Fig. 10 Trinciato di olivo prodotto dalla Berti.

La NOBILI è una macchina composta dal trinciasarmenti TRP 145 e dal kit raccoglitranci RT (tab.4). Il collegamento alla trattore avviene tramite l'attacco a tre punti, presa di potenza e circuito idraulico.

NOBILI RT	Larghezza _{totale} [m]	Larghezza _{lavoro} [m]	Martelli [n.]	p.d.p.	Potenza assorbita [kW]
120	1,46	1,20	16	540	50
145 *	1,71	1,45	20	540	57
175	1,91	1,73	24	540	64

* modello impiegato nelle prove

Tab. 5 Modelli disponibili per la trinciacaricatrice della NOBILI.

Il prodotto è raccolto da terra tramite un pick-up a denti rigidi e inviato nella camera di trinciatura, dove subisce la frantumazione ad opera di un rotore dotato di martelli (figg.11-12). Il flusso d'aria generato da quest'ultimo consente, in presenza del kit di raccolta, il convogliamento del prodotto all'interno di

sacchi di forma parallelepipedica (dimensioni 1,0X0,7X0,9 m), realizzati con tessuto traspirante. I sacchi sono sospesi nella parte posteriore del kit, tramite quattro bretelle, utilizzate anche per la loro successiva movimentazione (figg.13-14).

Si sono valutate le caratteristiche tecniche e di funzionamento delle macchine, con riferimento ai diversi organi componenti.

Sono stati rilevati i principali tempi di lavoro secondo le raccomandazioni del CIOSTA (Comitè International d'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture) e calcolate le velocità e le capacità di lavoro. Inoltre date le diverse tipologie di macchine impiegate, al fine di consentire un confronto tra le stesse, sono stati organizzati cantieri di lavoro in grado di realizzare la raccolta del prodotto ed il suo carico su un rimorchio, pronto per il successivo trasporto.

Quest'ultima fase è stata volutamente tralasciata, in quanto strettamente dipendente dalla distanza tra il campo di raccolta ed il luogo di utilizzo.

È stata inoltre rilevata l'umidità del prodotto alla raccolta ed effettuata una valutazione della pezzatura del prodotto stesso raccolto dall'operatrice BERTI. Per fare ciò si è innanzitutto effettuato un campionamento del materiale subito dopo la raccolta, secondo la UNI 9220/88 "Sottoprodotti e residui agricoli – Classificazione e determinazione delle caratteristiche energetiche". Detta norma prevede per il campionamento due fasi successive: nella prima si prelevano elementi grezzi, di massa orientativa da 1 a 3 kg, nel numero minimo di 10 per il trinciato e di 5 per le balle, prelevati in punti diversi, tenendo conto della posizione e della condizione in cui si presenta il prodotto; nella seconda si mescolano accuratamente e velocemente gli elementi grezzi prelevati, dai quali si ricava, per quartature successive, il campione da laboratorio, avente massa da 0,5 a 6 kg. Per la determinazione dell'umidità si è seguito quanto indicato dalla norma UNI 9017/87 "Legno da ardere – Determinazione delle caratteristiche energetiche".



Fig. 11 Trinciacaricatrice Nobili TRP 145 - RT.



Fig. 12 *Trinciacaricatrice Nobili TRP 145 - RT.*



Fig. 13 *Trinciato di vite e sacco di raccolta della Nobili.*



Fig. 14 *Trinciato di vite e sacco di raccolta della Nobili.*

Tale norma prevede la pesatura del contenitore comprensivo del campione (mL) con precisione di 0,5 grammi e la successiva introduzione in stufa ventilata, termostata a 103 ± 2 °C. Il contenitore con il campione va pesato ogni 6-12 ore, fino ad ottenere una massa costante (mF).

Detta massa può considerarsi costante quando due pesate successive, a distanza di non meno di sei ore, non differiscono di oltre 0,5 grammi. Le pesate vanno eseguite dopo aver lasciato raffreddare nell'essiccatore il contenitore ed il legno, fino a temperatura ambiente; questo per evitare che il legno riacquisti umidità dall'atmosfera. Infine va pesato il contenitore (m_C), con precisione di 0,5 grammi, dopo averlo accuratamente pulito dai residui di legno. In tal modo l'umidità del legno costituente il campione è data da $u = 100 \cdot (m_L - m_F) / (m_L - m_C)$.

Per la definizione della pezzatura del materiale sono state individuate delle classi di lunghezza e valutata tramite vagliatura manuale la relativa percentuale di presenza sul campione.

Per l'analisi economica della raccolta e carico del prodotto, si sono considerati i costi fissi e i costi variabili. In particolare:

- la quota di reintegrazione annua, determinata ipotizzando un deprezzamento lineare del valore della macchina: $(V_i - V_f) \cdot n^{-1}$

(V_i : valore a nuovo; V_f : valore finale, valutato pari al 20 % di V_i per le trattrici, 12 % di V_i per le operatrici e 10 % di V_i per i rimorchi; n : numero di anni di vita utile della macchina, valutato in 15 anni per le trattrici e per i rimorchi ed in 12 anni per le operatrici);

- la quota d'interesse sul capitale, calcolata applicando un saggio d'interesse ($r = 4\%$) al valore medio del capitale immobilizzato: $0,5 \cdot (V_i + V_f) \cdot r$;

- la quota di ricovero calcolata considerando l'area di ingombro della macchina, aumentata del 10 % per tenere conto degli spazi di manovra, moltiplicata per il 3 % del valore a nuovo di un fabbricato avente un'altezza utile di 4,5 m ed un costo di costruzione di 160,00 €·m⁻²;

- le quote varie comprendenti le assicurazioni e gli oneri generali, calcolate in percentuale (0,6 % per le trattrici e 0,25 % per le operatrici ed i rimorchi) rispetto al valore a nuovo delle macchine.

I costi variabili, dipendenti dall'utilizzazione oraria delle macchine, hanno riguardato:

- il consumo di carburante dato da $P_m \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c$

(P_m : potenza motrice; C_m : carico motore, pari a 0,6; C_s : consumo specifico di carburante, pari a 0,280 kg/kWh; C_c : costo del carburante, pari a €0,60);

- il consumo di lubrificante valutato considerando un consumo medio pari a 0,45 kg ogni 100 kg di carburante: $4,5 \cdot 10^{-3} \cdot P_m \cdot C_m \cdot C_s$;

- le spese di riparazione date da: $(V_i \cdot C_r) / (n \cdot h)$







(h : ore di utilizzo annue valutate in 400 ore per le trattrici, in 200 per i rimorchi e in 150 per le operatrici; C_r : coefficiente di riparazione, pari a 0,4 per le trattrici, i rimorchi e le imballatrici, mentre 0,9 per le trinciacaricatrici);

- manodopera qualificata valutata in 12,50 €h⁻¹.

Dai valori di costo ottenuti, considerando le capacità di lavoro delle macchine, è stato possibile definire i costi per quintale di biomassa raccolta. Da tali valori sono stati detratti i costi relativi alla trinciatura e reinterro del prodotto sul campo, che sono oggi comunque sostenuti in base alle attuali destinazioni delle potature.

I campioni di potature di vite e di olivo prelevati subito dopo la raccolta hanno fatto registrare un'umidità media di circa il 50%. Tale valore è fortemente influenzato sia dall'andamento stagionale, che dal tempo di permanenza del prodotto sul campo.

L'analisi della pezzatura del prodotto trinciato dall'operatrice BERTI ha evidenziato elementi lignei di diversa lunghezza, tanto per le potature di vite che di olivo. Questa circostanza ha suggerito l'individuazione di 6 classi di lunghezza, in grado di rappresentare in percentuale il campione (tabb.5-6).

		
Lunghezza [10 ⁻² m] 0 < L ≤ 1 Percentuale 4,7 %	Lunghezza [10-2 m] 1 < L ≤ 3 Percentuale 20,9 %	Lunghezza [10-2 m] 3 < L ≤ 5 Percentuale 28,8 %
		
Lunghezza [10-2 m] 5 < L ≤ 7,5 Percentuale 25,9 %	Lunghezza [10-2 m] 7,5 < L ≤ 10 Percentuale 13,6 %	Lunghezza [10-2 m] 10 < L ≤ 20 Percentuale 6,1 %

Tab. 6 Pezzatura percentuale in funzione della lunghezza del prodotto (vite).

La maggior parte del prodotto, pari a circa il 90 %, presenta una pezzatura compresa fra 1 e 10 cm, mentre il restante 10 % è costituito da elementi di lunghezza inferiore ad 1 cm e maggiore di 10. Tale ultima circostanza, pensando alla possibilità di impiegare il prodotto in caldaia, induce ad alcune considerazioni. Gli elementi della classe 1, date le ridotte dimensioni ed il peso, potrebbero non entrare in combustione, perché allontanati dall'aria primaria della caldaia. Questo comporterebbe una

perdita media di circa il 4,4 % del prodotto. Gli elementi della classe 6, date le maggiori dimensioni, potrebbero creare problemi di trasporto ad un'eventuale coclea di alimentazione della caldaia.

		
Lunghezza [10 ⁻² m] 0 < L ≤ 1 Percentuale 4,1 %	Lunghezza [10-2 m] 1 < L ≤ 3 Percentuale 15,3 %	Lunghezza [10-2 m] 3 < L ≤ 5 Percentuale 22,8 %
		
Lunghezza [10-2 m] 5 < L ≤ 7,5 Percentuale 31 %	Lunghezza [10-2 m] 7,5 < L ≤ 10 Percentuale 18,4 %	Lunghezza [10-2 m] 10 < L ≤ 20 Percentuale 7,2 %

Tab. 7 Pezzatura percentuale in funzione della lunghezza del prodotto (olivo).

I cantieri impiegati durante le prove sono indicati in tabella 8.

Dall'esame dei tempi di lavoro emerge una velocità effettiva maggiore per le trinciacaricatrici rispetto alle imballatrici, sostanzialmente per il fatto che le operazioni di imballatura che il prodotto deve subire sono in numero maggiore (compattazione e legatura) (tabb.8-9). In genere è risultata più elevata la capacità di lavoro di tutte le macchine testate durante la raccolta delle potature di olivo, a causa del maggiore quantitativo di tale prodotto sul campo. Durante le prove non si sono registrati tempi morti dovuti ad ingolfamenti, in quanto, soprattutto nel caso delle potature di olivo, erano stati asportati i residui di maggiori dimensioni, utilizzati come legna da ardere in stufe e caminetti.

Macchina Operatrice	Operazione	Cantiere
LERDA	imballatura	1 trattrice + imballatrice 1 operatore
	carico	1 trattrice + rimorchio 3 operatori

CAEB	imballatura	1 trattrice + rotoimballatrice 1 operatore
	carico	1 trattrice + rimorchio 3 operatori
BERTI	trinciatura e carico	1 trattrice + trinciacaricatrice 1 trattrice + rimorchio 2 operatori
NOBILI	trinciatura	1 trattrice + trinciacaricatrice 1 operatore
	carico	1 trattrice + forza + rimorchio 2 operatori

Tab. 8 Cantieri di lavoro

	Macchina operatrice	Cantiere	$V_{effettiva}$ [m/s] [km/h]	$C_{operativa}$ [m ² /s] [ha/h]	$C_{operativa}$ [kg/s] [kg/h]	Costo orario [€/s] [€/h]	Costo prodotto [€/kg] [€/q]
vite	LERDA	imballatura	0,76 (2,74)	3,28 (1,18)	0,47 (1692)	0,010 (37,03)	0,0437 (4,37)
		carico	1,00 (3,60)	4,62 (1,66)	0,66 (2376)	0,014 (51,72)	
	CAEB	imballatura	0,80 (2,88)	3,32 (1,20)	0,45 (1620)	0,009 (33,87)	0,0406 (4,06)
		carico	0,98 (3,50)	5,45 (1,96)	0,73 (2628)	0,014 (51,72)	
olivo	LERDA	imballatura	0,34 (1,22)	1,88 (0,68)	0,68 (2448)	0,010 (37,03)	0,029 (2,29)
		carico	1,20 (4,32)	5,08 (1,82)	1,83 (6588)	0,014 (51,72)	
	CAEB	imballatura	0,28 (1,01)	1,21 (0,43)	0,44 (1584)	0,009 (33,87)	0,030

		carico	1,00 (3,6)	4,62 (1,66)	1,67 (6012)	0,014 (51,72)	(3,00)
--	--	--------	------------	-------------	----------------	------------------	--------

Tab. 9 Principali parametri di funzionamento e costi per le imballatrici.

Le prove eseguite consentono alcune indicazioni in merito alla scelta delle macchine. Infatti nel caso delle imballatrici, quando si opera in terreni con limitati spazi di manovra è preferibile la rotoimballatrice CAEB, in quanto il sistema di collegamento alla trattore consente il suo sollevamento da terra, mentre l'imballatrice LERDA che è trainata, risulta penalizzata sotto questo punto di vista. Viceversa quest'ultima macchina presenta un funzionamento in continuo senza necessità di interrompere la raccolta per lo scarico della palla, come avviene invece per la CAEB.

	Macchina operatrice	Cantiere	V _{effettiva} [m/s] [km/h]	C _{operativa} [m ² /s] [ha/h]	C _{operativa} [kg/s] [kg/h]	Costo orario [€/s] [€/h]	Costo prodotto [€/kg] [€/q]
vite	BERTI	trinciatura e carico	0,91 (3,30)	3,22 (1,16)	0,43 (1548)	0,020 (71,30)	0,046 (4,60)
	NOBILI	trinciatura e carico	0,83 (2,99)	2,82 (1,02)	0,38 (1381)	0,023 (82,65)	0,0598 (5,98)
olivo	BERTI	trinciatura e carico	0,56 (2,01)	1,76 (0,63)	0,65 (2340)	0,020 (71,30)	0,0304 (3,04)
	NOBILI	trinciatura e carico	0,61 (2,20)	1,68 (0,60)	0,61 (2196)	0,023 (82,65)	0,0376 (3,76)

Tab. 10 Principali parametri di funzionamento e costi per le trinciacaricatrici.

La trinciacaricatrice BERTI ha lo svantaggio di essere costretta ad interrompere la raccolta, per procedere allo scarico del serbatoio in un rimorchio, per il successivo trasporto, che potrebbe anche trovarsi dalla parte opposta dell'appezzamento.

Nel caso della NOBILI invece, questa interruzione è evitabile, perché i sacchi pieni di trinciato potrebbero essere lasciati lungo la fila. In questo caso è però poi necessario procedere alla loro raccolta. Inoltre successivamente bisognerà tenere conto di un incremento di tempo per la movimentazione, l'accatastamento, e lo svuotamento dei sacchi stessi.

L'analisi economica riferita all'imballatura rivela maggiore incidenza nei costi per la fase di carico delle balle, dovuta essenzialmente ad un maggiore onere per la manodopera (tre operatori). Peraltro le macchine per il caricamento automatico delle balle, non sono raccomandabili in situazioni di interfilari

e capezzagne di modeste dimensioni, considerando tra l'altro che i vigneti e gli oliveti sono spesso ubicati in terreni in pendenza.

Il costo di raccolta del prodotto trinciato porta a favorire la raccogliitrice BERTI, in quanto la NOBILI è penalizzata dal fatto che lasciando i sacchi pieni sul campo è poi necessario procedere alla loro raccolta. Viceversa è però importante considerare il successivo stoccaggio in azienda per il quale è possibile intravedere un vantaggio nello stoccaggio in sacchi (proprio della NOBILI), piuttosto che in cumuli, come nel caso della BERTI. Lo stoccaggio tramite sacchi posizionati non a totale contatto l'uno con l'altro, favorisce la circolazione dell'aria e fa diminuire i rischi di fermentazione, che invece sono molto elevati nel caso della conservazione di grandi cumuli di prodotto trinciato.

Questi rischi sono invece ridotti al minimo o del tutto assenti nello stoccaggio delle balle, prismatiche o cilindriche, sia perché il prodotto non è trinciato, sia perché il livello di compattazione delle stesse consente la circolazione d'aria nella massa.

Dal punto di vista dell'utilizzo finale, pensando alla combustione in caldaia, appare preferibile l'utilizzo del prodotto trinciato, in quanto la sua movimentazione dal silo di stoccaggio, può facilmente essere realizzata con sistemi automatici, tipo vite senza fine.

Più complesso appare il rifornimento automatico di balle ad una caldaia, in quanto andrebbe progettato anche il sistema di prelievo di queste ultime ed il loro posizionamento su un nastro mobile che le conduca in caldaia.

Queste considerazioni lasciano intravedere un più agevole utilizzo del trinciato in centrali anche di notevoli dimensioni, mentre relegano le balle ad utilizzi più domestici, in caldaie in cui siano richiesti alcuni rifornimenti giornalieri da effettuarsi manualmente, a meno che non si vogliano trinciare le balle con macchine apposite, rendendo il prodotto del tutto simile al trinciato, prima dell'introduzione in caldaia.

L'analisi economica rivela costi di raccolta inferiori per l'olivo rispetto alla vite, dovuti al maggior quantitativo di prodotto sul campo.

In realtà ai valori trovati è necessario sottrarre il prezzo necessario a trinciare il prodotto per lasciarlo sul campo secondo le attuali destinazioni. Il costo di tale operazione è di circa 30 €/ha, per cui il costo finale di raccolta delle potature, facendo una media tra l'imballatura e la trinciatura, sarebbe di circa 2,25 €/q per l'olivo e di 3,50 €/q per la vite. Al riguardo non si possono individuare elementi di convenienza non essendo ben definito il prezzo di mercato di questi prodotti. Tuttavia, prendendo a riferimento il cippato (prezzo di vendita di circa 4,50 €/q), appare evidente che i margini di guadagno sono estremamente ridotti.

Bisogna in realtà ricordare che le potature di vite ed olivo sono un sottoprodotto agricolo, mentre i relativi prodotti principali in questione sono uva, vino, olive e olio.

Tali risultati non devono comunque indurre ad un atteggiamento pessimistico, in quanto l'utilizzo di tali sottoprodotti può contribuire alla produzione di energia da fonte rinnovabile, riducendo lo spreco di risorse per un loro diverso smaltimento e determinando evidenti benefici ambientali. La sperimentazione ha anche messo in luce la necessità di scegliere con attenzione il cantiere di lavoro, valutando la giacitura e le dimensioni degli appezzamenti, la disponibilità di manodopera e la forma del prodotto raccolto, in funzione della sua destinazione. L'analisi economica effettuata sconsiglia a singole aziende, se non di notevoli dimensioni, di dotarsi delle macchine per la raccolta. Pertanto sarebbe più corretta economicamente una gestione associata o meglio ancora una filiera organizzata, costituita da fornitori delle biomasse e da una o più caldaie di utilizzo. In tal caso si deve comunque considerare che la penetrazione sul mercato delle potature di vite ed olivo a fini energetici, potrà avvenire solo tramite filiere corte. Infatti non è economicamente conveniente utilizzare tali residui in centrali lontane dagli appezzamenti di produzione. Pertanto è più facile prevedere la nascita di numerose piccole centrali sparse sul territorio, piuttosto che grandi impianti, che necessitano di materiali di approvvigionamento provenienti da aree vaste.

3. SVILUPPI FUTURI

La sperimentazione condotta è consistita in una serie di prove effettuate con quattro macchine per la raccolta delle potature di vite e olivo.

Si potrebbe proseguire tale attività testando le stesse macchine, in situazioni diverse in termini di orografia del terreno e di consistenza delle potature.

La particolare attenzione che si sta rivolgendo in questo momento alle possibilità di utilizzo di tali residui ha determinato l'uscita sul mercato di altre macchine per la raccolta, che potrebbero essere sottoposte a test sul campo, al fine di fornire alle ditte costruttrici un supporto tecnico finalizzato al miglioramento delle prestazioni.

3.1 INDICAZIONI EMERSE DALLE MACCHINE TESTATE E POSSIBILE SVILUPPO DELLE STESSE

Imballatrici

Le imballatrici utilizzate nelle prove effettuate hanno il vantaggio di poter essere convenientemente utilizzate anche in terreni declivi, in quanto la forma e le dimensioni delle balle prodotte, riducono notevolmente i rischi di rotolamento a valle che si avrebbero con una rotoimballatrice in grado di realizzare balle di maggiori dimensioni. Si pensi ad esempio a rotoimballatrici che formano balle del diametro di un metro e del peso di oltre 150 kg.

Conseguentemente le balle sono facilmente movimentabili soprattutto per il loro peso che, da quanto è emerso dalla sperimentazione condotta, non supera i 30 kg. A fronte di questi aspetti positivi, al minor peso delle balle corrisponde un loro maggiore numero sul campo e conseguentemente la necessità di raccoglierle. Per ridurre i costi di raccolta e carico delle balle si potrebbero studiare modifiche alle macchine testate e consistenti nella possibilità di scaricare, le balle realizzate, non lungo la fila, ma a bordo campo e cioè sulle capezzagne. Questo determinerebbe un abbattimento dei tempi per la successiva fase di carico delle balle stesse. Infatti il rimorchio per il carico non dovrebbe ripercorrere l'intero campo per consentire la raccolta delle balle, ma viceversa tale operazione sarebbe concentrata esclusivamente ai bordi di quest'ultimo.

L'idea è quella di dotare le macchine di un supporto posteriore in grado di contenere alcune balle. Tale supporto tramite un meccanismo, comandato dall'operatore alla guida del trattore, potrebbe scaricare le balle a bordo campo.

Trinciacaricatrici

Dalla sperimentazione riguardante una delle macchine testate è emerso che il prodotto trinciato presentava caratteristiche di disomogeneità. Sarebbe opportuno estendere l'analisi della pezzatura

del prodotto anche all'altra macchina utilizzata nella sperimentazione. In ogni modo in luogo di un prodotto non omogeneo si potrebbe intervenire sull'organo della macchina che provvede alla trinciatura dello stesso, aumentando ad esempio il numero degli elementi (mazze o martelli) che determinano lo sminuzzamento delle potature.

Conservazione del prodotto

Al riguardo è stata condotta una sperimentazione, che ha riguardato lo studio dell'andamento dell'umidità e conseguentemente del potere calorifico delle potature di vite ed olivo raccolte tramite imballatura. Tra gli altri risultati è stato confermato che le balle, rispetto al trinciato, hanno migliori caratteristiche di conservabilità, in quanto sono costituite da elementi lignei più grandi e con un minor livello di compattazione tra loro, che consente all'aria di circolare. Viceversa il trinciato necessita di essere stoccato in cumuli di non elevate dimensioni e in locali ben areati; inoltre sotto determinate condizioni sarebbe auspicabile effettuare rivoltamenti periodici, per evitare che fermentazioni anomale nel legno determinino perdite di prodotto.

Da ciò emerge anche che a parità di quantità di prodotto le balle occupano volumi di stoccaggio inferiori. Viceversa il trinciato può essere considerato un fluido e quindi facilmente movimentabile, ad esempio con una vite senza fine che alimenti una caldaia.

Più complessa è invece la movimentazione delle balle con un sistema automatico, che ne prelevi una per volta e la posizioni ad esempio sul nastro trasportatore per l'alimentazione di una caldaia. Questa limitazione potrebbe essere superata pensando di realizzare un biotrituratore specifico per le balle, avente cioè una bocca d'ingresso di adeguate dimensioni, che potrebbe essere azionato e movimentato da un trattore, in grado di effettuare lo sminuzzamento del prodotto. In tal modo le balle oltre a non avere problemi di conservabilità, verrebbero anche trasformate in trinciato (al momento dell'utilizzo), con agevoli caricamenti della caldaia.

4. UN PROGETTO DI FILIERA DALLE POTATURE DI VITE ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA

Il progetto prevede la messa a punto di una filiera per la raccolta delle potature di vite e per il loro utilizzo finalizzato a coprire i fabbisogni energetici di una cantina situata nella Provincia di Perugia. La filiera è strutturata in modo tale da prevedere che gli stessi agricoltori che conferiscono le uve alla cantina, mettano a disposizione le potature dei loro vigneti per l'approvvigionamento energetico della cantina stessa, in maniera tale che questa possa disporre di calore per il riscaldamento dei locali, di acqua calda sanitaria, di acqua refrigerata per il processo di vinificazione ed il condizionamento dei locali, nonché per la produzione di vapore per i processi di sterilizzazione.

In tal modo le potature di vite anziché essere considerate un prodotto da smaltire che richiederebbe dei costi per lo stesso smaltimento, dovuti alla trinciatura e all'interramento sul campo, diverrebbero una risorsa per le aziende viticole, con evidenti effetti positivi sull'ambiente.

Il raggiungimento di un tale obiettivo passa sicuramente attraverso l'oculata strutturazione dell'intera filiera, in grado di prevedere il più efficace sistema di raccolta delle potature sul campo, il loro trasporto al luogo di utilizzo, lo stoccaggio effettuato con modalità e per quantitativi adeguati e la scelta di un processo di trasformazione rispondente alle caratteristiche del prodotto ed alle esigenze della cantina.

4.1 MODALITÀ DI SVILUPPO

Per procedere alla valorizzazione energetica dei residui delle potature di vite è necessario individuare innanzitutto le tecnologie di raccolta disponibili per tale operazione, che oggi consistono nell'imballatura e nella trinciatura.

La scelta del tipo di raccolta delle potature, tramite trinciatura o imballatura, deve tenere in considerazione le successive trasformazioni a cui sono soggette le potature stesse.

Il prodotto al momento della raccolta presenta un'umidità di circa il 50% ed in tali condizioni il trinciato, ottenuto con le trinciacaricatrici è facilmente soggetto all'attacco dei microrganismi degradatori del legno, che portano ad un aumento della temperatura della massa e a problemi di conservabilità. Lo stoccaggio in tali condizioni richiede la realizzazione di cumuli da sottoporre a rivoltamenti ed arieggiamenti periodici, che sicuramente contribuiscono all'innalzamento dei costi, anche per la necessità di un maggiore spazio per tali operazioni. Viceversa il trinciato ha il vantaggio di presentarsi come un fluido e pertanto può essere movimentato facilmente, con sistemi automatici tipo vite senza fine, dal luogo di stoccaggio alla caldaia.

Il prodotto confezionato in balle è invece costituito da unità di maggiori dimensioni (rami) e con un livello di compattazione, che consente un'aerazione tale da non creare problemi di conservazione,

come per il trinciato. Inoltre la forma regolare delle balle consente un agevole accatastamento, ad esempio sotto una tettoia. Viceversa le dimensioni delle balle stesse non permettono approvvigionamenti automatici delle caldaie, per cui è necessario procedere alla loro rottura prima dell'utilizzo finale del prodotto.

Per ottimizzare la fase di raccolta, le considerazioni svolte consentono di operare una scelta a favore delle imballatrici. In particolare viste le dimensioni dei sestri d'impianto, con larghezze tra le file mediamente di 2,30 m, sono indicate le imballatrici parallelepipedo standard e le rotoimballatrici leggere, mentre vanno escluse le rotoimballatrici standard, che presentano una larghezza eccessiva rispetto alla distanza tra i filari.

Dopo la raccolta del prodotto è necessario che le balle siano caricate e portate a bordo campo, per il successivo trasporto presso la cantina, dove andrà previsto un sistema di stoccaggio.

Date le dimensioni aziendali, mediamente limitate a pochi ettari di vigneto, è verosimile ritenere che la raccolta ed il trasporto siano effettuate da contoterzisti.

Le balle che sono fatte confluire presso il luogo di stoccaggio, saranno conservate al di sotto di una tettoia completamente aerata sui quattro lati, per un periodo di tempo di diversi mesi.

Dato che l'operazione di potatura è effettuata nei primi mesi dell'anno solare e che la raccolta può essere fatta subito dopo, lo stoccaggio avrebbe una durata di circa sei mesi, rendendo il prodotto disponibile dopo l'estate e cioè all'inizio del periodo di piena attività per la cantina. In tal modo l'umidità sarà scesa al 10% circa ed il potere calorifico inferiore avrà assunto il valore di 16 MJ/kg.

Peraltro lo stoccaggio di elevati quantitativi di sarmenti consente anche di superare i problemi legati alla stagionalità delle potature e di disporre di una biomassa sufficiente a coprire i fabbisogni annuali di energia.

A questo punto è necessario inviare il prodotto in caldaia, che deve essere alimentata con l'ausilio di sistemi automatici, in grado di entrare in funzione nel momento dovuto, secondo le esigenze energetiche dell'utenza. È tuttavia estremamente complesso movimentare le balle tal quali ed anche progettare delle caldaie con bocche di ingresso di dimensioni paragonabili a quelle delle balle stesse. Si rende pertanto necessaria l'operazione di cippatura delle balle, consistente nella riduzione dei sarmenti in unità di piccole dimensioni, da effettuarsi prima dell'ingresso del prodotto in caldaia e quindi dopo la fase di stoccaggio e quindi di essiccazione.

In tali condizioni di umidità il cippato ottenuto non avrebbe problemi di conservabilità e potrebbe essere facilmente movimentato tramite una coclea (vite senza fine), dal luogo di stoccaggio alla caldaia.

L'operazione di cippatura proposta non costituisce una fase aggiuntiva dovuta alla scelta del sistema di raccolta tramite imballatura, rispetto alla trinciatura effettuata in campo. Infatti il prodotto ottenuto

tramite quest'ultima operazione sarebbe stato caratterizzato da scarsa omogeneità e pertanto sarebbe stato comunque necessario il ricorso ad un'ulteriore cippatura di omogeneizzazione, per ottenere pezzi di dimensioni comprese tra 3 e 5 cm.

Al fine di ottimizzare la scelta del sistema di trasformazione della biomassa, bisogna considerare che attualmente sono disponibili diverse tipologie di caldaie, che si basano su diverse tecnologie, in funzione del tipo di combustibile che le alimenta. Nel caso specifico va impiegata una caldaia cosiddetta a cippato, che consente un flusso continuo, controllato ed automatizzato del combustibile legnoso nella camera di combustione, grazie al caricamento automatico per mezzo di appositi dispositivi meccanici.

Nei sistemi più avanzati il flusso del prodotto comburente e la conseguente combustione sono regolati da un microprocessore, sulla base della richiesta di energia dell'utenza e della temperatura e concentrazione di ossigeno dei fumi (regolazione lambda).

Le tipologie di caldaia per la conversione del cippato possono essere di due tipi: ad acqua o ad olio diatermico. Queste ultime consentono rispetto alle prime di raggiungere temperature più elevate.

L'olio può essere impiegato direttamente come fluido di riscaldamento, oppure può generare vapore in scambiatori di calore, chiamati evaporatori.

La caldaia ad olio diatermico consente sia il condizionamento degli ambienti, che la refrigerazione, mediante pompe di calore ad assorbimento, che garantiscono temperature dell'acqua di refrigerazione inferiori a 0 °C.

Adottare macchine ad assorbimento comporta notevoli vantaggi, quali ad esempio:

- assenza di rumori e vibrazioni, che costituiscono un problema per le macchine a compressione;
- possibile alimentazione con calore a bassa temperatura, derivante da biomassa;
- elevato effetto utile a bassi carichi;
- elevata affidabilità.

Le macchine frigorifere ad assorbimento sono le più diffuse e impiegano nella maggior parte dei casi, due fluidi: acqua-ammoniaca e acqua-bromuro di litio.

La caldaia è utilizzata per produrre il calore necessario per il riscaldamento dei locali e per la produzione di vapore per il processo di imbottigliamento e alimenta anche una macchina frigorifera ad assorbimento, in sostituzione di quella a compressione attualmente presente nella cantina in oggetto.

4.2 CONTESTO DI FILIERA E FLUSSI DI MASSA ED ENERGIA

La cantina a cui si fa riferimento nel progetto trasforma le uve, prodotte su circa 400 ettari, ubicati nel territorio circostante. Al fine di minimizzare i costi di trasporto e di ridurre le loro emissioni in atmosfera, il progetto considera esclusivamente quelle aziende agricole i cui vigneti si trovano entro il raggio di 25 chilometri dalla cantina. Da ricerche effettuate direttamente sul territorio è emerso che vi sono 250 ettari con tale caratteristica di distanza. La forma di allevamento maggiormente ricorrente è il cordone speronato, che consente di produrre circa 29 quintali di patate ad ettaro, con un contenuto di umidità alla raccolta di circa il 50% a cui corrisponde un potere calorifico inferiore di circa 8 MJ/kg (1912 kcal/kg). Pertanto sono complessivamente disponibili 7250 quintali di biomassa (50% di umidità). Da ricerche svolte (*) è emerso che il prodotto dopo la raccolta può essere convenientemente stoccato fino al raggiungimento di un'umidità di circa il 10%, a cui corrisponde un potere calorifico di 16 MJ/kg (3824 kcal/kg) ed un quantitativo complessivo di 4350 quintali di biomassa (10% di umidità). In tali condizioni di umidità il prodotto ricavabile da 250 ettari è in grado di fornire un'energia termica di 6960 GJ, corrispondente a 1934 MWh/anno. L'attuale assetto energetico della cantina prevede l'impiego di caldaie alimentate a metano e di una macchina frigorifera a compressione, impiegata per il condizionamento dei locali e per il processo di vinificazione. In particolare la cantina dispone di:

- una caldaia (**C₁**) da 25 kW alimentata a metano, per il riscaldamento degli uffici e del punto vendita;
- due caldaie (**C₂**, **C₃**) da 44 kW ciascuna, alimentate a metano, per la produzione di acqua calda per la zona di imbottigliamento;
- un gruppo frigo (**MF₁**) a compressione da 120.000 frigoriferie/h, pari a circa 140 kW_{elettrici}, che presentano un funzionamento complessivo di 8640 h/anno (tab. 11).

La cantina consuma annualmente 5.285 m³ di metano, da cui considerando un potere calorifico pari a 8.250 kcal/m³, si ottengono 43.601.250 kcal, pari a 50.708 kWh/anno.

	Potenza	Ore di funzionamento
C ₁	25 [kW]	8 h al giorno per circa 6 mesi (ore lavorative) = 1.000 h
C ₂	44 [kW]	8 h al giorno tutto l'anno (ore lavorative) = 1.900 h
C ₃	44 [kW]	8 h al giorno tutto l'anno (ore lavorative) = 1.900 h
MF ₁	140 [kW]	24 h per 2 mesi 8 h per 10 mesi (ore lavorative) = 3.840 h
Totale		8.640 h

Tab. 11 Macchine presenti e ore di funzionamento (considerando i giorni lavorativi).

Per quanto riguarda la macchina frigorifera, invece, si avrà:

- potenza termica del gruppo frigo: 140 kW_{elettrici};
- ore funzionamento l'anno: 3.840 h/anno;
- energia termica richiesta. 537.600 kW_{elettrici} /anno;

da cui considerando un rendimento dell'80% circa, si ottiene:

- Energia termica richiesta: $537.600 / 0,8 = 672.000$ kW_{elettrici} /anno.

Pertanto la cantina ha una richiesta energetica complessiva di 722.708 kWh/anno (tab. 12).

Energia termica richiesta per le caldaie [kWh/anno]	50.708
Energia termica richiesta per il gruppo frigo[kWh/anno]	672.000
Energia termica totale [kWh/anno]	722.708

Tab. 12 Richiesta energetica complessiva della cantina.

Nota la richiesta energetica della cantina, si può convenientemente impiegare una caldaia a biomassa ad olio diatermico, di potenzialità pari a circa 300 kW. Prevedendo un funzionamento di circa 2500 h/anno, si riesce a coprire il fabbisogno energetico della cantina (tab. 13).

Dall'analisi svolta si evince che la richiesta energetica complessiva della cantina (722,7 MWh/anno) è oltremodo soddisfatta dall'energia termica ottenibile dalle potature di vite prodotte da 250 ettari (1934 MWh/anno).

Potenzialità della caldaia [kW]	300
Ore di funzionamento[h/anno]	2500
Energia prodotta [kWh/anno]	750.000
Richiesta energetica complessiva della cantina [kWh/anno]	722.708

Tab. 13 Confronto tra l'energia prodotta e l'energia richiesta dalla cantina.

In particolare per coprire il fabbisogno energetico della cantina sarebbero sufficienti circa 100 ettari di vigneto, che producono 300 quintali di biomassa.

4.3 STIMA DEI COSTI

Per la stima dei costi necessari alla realizzazione della filiera vanno valutate le seguenti voci:

- Raccolta delle potature e trasporto. Per queste operazioni risulta conveniente il ricorso al contoterzista. Pertanto con riferimento alle tariffe del 2007 dei Contoterzisti Umbri e, per quanto riguarda i trasporti, ai dati elaborati da Confetra (Confederazione generale italiana dei trasporti e della logistica) si ricava un costo complessivo di circa €7,00 a quintale.
- Cippatura delle balle. È previsto l'acquisto di una macchina cippatrice, il cui costo è di circa € 10.000,00.
- Caldaia a olio diatermico a caricamento automatico + macchine frigorifere ad assorbimento € 150.000,00.

Pertanto l'investimento per la realizzazione e la messa in funzione dell'impianto è di circa € 160.000,00, mentre per l'approvvigionamento di biomassa, necessaria a soddisfare i fabbisogni annuali della cantina, sono necessari € 2.100,00 (300q x 7 €/q).

La realizzazione dell'impianto consente l'accesso al contributo dei certificati bianchi, nella misura di € 100,00 a tep risparmiata (1 tep = 11628 kWh). Nel caso specifico l'energia da biomassa prodotta dall'impianto è di 750.000 kWh/anno da cui si ottengono 64 tep ed un contributo di € 6.400,00.

La realizzazione dell'impianto prevede un risparmio di € 3.700,00 nell'acquisto del metano (dato ricavato dalle bollette della cantina, relative ad un anno di funzionamento delle caldaie attualmente installate).

Inoltre l'impianto consente di non acquistare l'energia elettrica necessaria al funzionamento dei gruppi frigoriferi a compressione, attualmente installati nella cantina, per un importo di circa € 20.000,00 (dato ricavato dalle bollette della cantina, relative ad un anno di funzionamento dei gruppi frigoriferi attualmente installati).

Costo dell'impianto [€]	160.000,00
Costo annuale per l'acquisto della biomassa [€]	2.100,00
Certificati Bianchi [€]	6.400,00
Mancato acquisto metano [€]	3.700,00
Mancato acquisto energia elettrico [€]	20.000,00

4.4 VANTAGGI DERIVANTI DAL PROGETTO

Come si è già avuto modo di evidenziare, l'attuale destinazione delle potature, tralasciando la bruciatura in campo, consiste nella trinciatura e nell'interramento. Tale operazione è svolta dai contoterzisti ad un costo di circa € 60,00 ad ettaro (tariffa contoterzisti umbri, anno 2007) che è a carico degli agricoltori.

La filiera invece prevede che:

- l'agricoltore ceda gratuitamente le sue potature al contoterzista, risparmiando in tal modo la spesa di cui sopra e senza ulteriori oneri a suo carico;
- il contoterzista a sua volta raccolga le potature e le trasporti in cantina vendendole a quest'ultima e conseguendo un guadagno.

Infine l'ultimo anello della filiera (cantina) realizzerebbe un risparmio annuo rispetto agli attuali costi energetici. In tal modo si avrebbe una filiera basata su un materiale originariamente considerato da smaltire e che viceversa garantirebbe ritorni economici per i diversi soggetti coinvolti, costituendo un valido esempio di autoproduzione locale di energia.

Per quanto riguarda i vantaggi ambientali del progetto si ha:

- mancate emissioni di CO₂ dovute al metano non più utilizzato: considerando le tre attuali caldaie (denominate precedentemente C₁, C₂, C₃) e le loro ore di funzionamento, si ottiene una potenza di 192.000 kWh/anno. Dato che 1 kWh_{termico} produce 0,2 kg di CO₂ si evita annualmente l'emissione in atmosfera di 38.440 kg di CO₂.
- mancate emissioni di CO₂ in atmosfera dovute al gruppo frigo (MF1): dato che per produrre 1kWh elettrico sono consumati circa 3 kWh_{termico} si ottiene, considerando le ore di funzionamento, la mancata emissione in atmosfera di 134.400 kg di CO₂

Per quanto riguarda la combustione delle biomasse con la nuova caldaia si può verosimilmente ritenere che le emissioni di CO₂ in atmosfera, siano pari alla CO₂ assorbita dalle piante di vite nella fase di crescita. Le emissioni dovute all'utilizzo dei trattori sul campo per la raccolta delle potature, sono del tutto simili a quelle dovute, sempre ai trattori, per la trinciatura e l'interramento dei sarmenti, secondo le attuali pratiche agricole.

Restano da valutare le emissioni dovute ai mezzi di trasporto dai campi alla cantina, che tuttavia risultano difficilmente quantificabili in questa fase del progetto, dipendendo strettamente dalle distanze da percorrere.

Comunque, pur con le precisazioni di cui sopra, complessivamente si hanno mancate emissioni in atmosfera di CO₂ pari 172.840 kg/anno dovute al mancato impiego in cantina di combustibili di origine fossile.

5. SPERIMENTAZIONE ESEGUITA. ANALISI TECNICA ED ECONOMICA DEL PIOPPO SRF

Tra le diverse colture lignocellulosiche, il pioppo ha una buona attitudine a garantire interessanti produzioni di biomassa, senza peraltro particolari limitazioni tecniche e/o necessità idriche. Su questa coltura, gestita con la tecnica della selvicoltura a breve rotazione (SRF Short Rotation Forestry), si stanno conducendo diverse sperimentazioni, anche al fine di verificare la possibilità d'individuare alternative valide ai tradizionali seminativi.

Con il presente contributo si riportano i risultati del primo anno di sperimentazione di una SRF di pioppo, che si prevede avrà la durata di dieci anni e sarà meccanizzata in tutte le diverse operazioni colturali. Oltre alla valutazione dei costi sostenuti nel primo anno (dalla preparazione del terreno alla prima raccolta) è stata effettuata una previsione economica con riferimento ai prossimi dieci anni d'impianto della coltura. Infine è stata condotta un'analisi economica comparativa con alcune colture tradizionali.

Il campo in cui è stata eseguita la sperimentazione ha una superficie di 4,5 ettari, giacitura pianeggiante, elemento a favore della manovrabilità delle macchine e tessitura tendenzialmente argillosa, con elevati valori di calcare attivo e PH alcalino. La distanza dal centro aziendale è di circa 5 chilometri.

Al fine di poter avere un turno di raccolta ed un ritorno economico annuali è stato adottato l'impianto della coltura secondo file binate. Questo ha comportato una distanza tra una bina e l'altra di 3,0 m, una distanza tra le file di una bina di 0,75 m e una distanza lungo la fila di 0,4 m, con un investimento ad ettaro di circa 11.800 piante.

Negli ultimi anni la ricerca ha messo a disposizione varietà appositamente selezionate per la produzione di biomassa, particolarmente adatte ad elevate densità d'impianto e turni di ceduzione ravvicinati. Nel campo sperimentale sono stati impiantati diversi tipi di cloni, in modo da poter identificare nel tempo quelli più adatti alla zona di coltivazione. Sono state messe a dimora talee non radicate delle dimensioni di circa 0,22 m di lunghezza e circa 0,02 m di diametro.

La prima operazione ha riguardato la preparazione del terreno, con lavori di dirampimento, effettuati alla profondità di circa 0,50 m con un ripuntatore a sette corpi lavoranti disposti alternativamente su due file. L'attrezzo è stato accoppiato ad una trattrice a doppia trazione di 180 kW di potenza. Dai rilievi effettuati è emersa una capacità di lavoro di 2,5 m²/s (0,9 ha/h). L'operazione è stata condotta al fine di consentire l'insediamento di una coltura arborea pluriennale, favorendo così l'espansione dell'apparato radicale. La ripuntatura è preferibile all'aratura soprattutto nei terreni a rischio di ristagno idrico, a causa della possibile formazione della suola di lavorazione. Successivamente è stata effettuata un'estirpatura con una macchina dotata di utensili costituiti da bracci ricurvi con estremità foggiate a bordi taglienti, collegata ad una trattrice a doppia trazione di 180 kW di potenza. Si è

registrata una capacità di lavoro di circa $4,4 \text{ m}^2/\text{s}$ ($1,6 \text{ ha/h}$). Subito dopo l'estirpatura è stata effettuata una concimazione fosfo-potassica, utilizzando circa 300 kg/ha di concime complesso binario in forma granulare, con titolo 0-23-25. Per la distribuzione del concime è stata impiegata una macchina costituita da un serbatoio e da un meccanismo di distribuzione per reazione centrifuga e una trattrice a doppia trazione con potenza di 75 kW . È stata calcolata una capacità di lavoro di $11,1 \text{ m}^2/\text{s}$ (4 ha/h). A completamento dei lavori necessari alla preparazione del letto di trapianto, si è proceduto ad effettuare l'affinamento del terreno e l'interramento del concime precedentemente distribuito, tramite l'impiego di un erpice a denti rotativi, azionato da una trattrice a doppia trazione di 95 kW di potenza. Questa operazione è stata svolta con una capacità di lavoro di $3,6 \text{ m}^2/\text{s}$ ($1,3 \text{ ha/h}$). Al fine di eliminare le infestanti presenti è stato effettuato un trattamento chimico con un dissecante totale (4 kg/ha di glyphosate) distribuito con una macchina irroratrice semovente a getto proiettato a 4 ruote motrici e 60 kW di potenza. La capacità operativa della macchina è risultata di $17 \text{ m}^2/\text{s}$ ($6,1 \text{ ha/h}$). Il successivo trapianto rappresenta insieme alla raccolta, una delle fasi più importanti ed interessanti di tutta la filiera per la produzione di pioppo da biomassa. A tale scopo vengono utilizzate trapiantatrici meccaniche, che conficcano le talee nel terreno per circa due terzi della loro lunghezza. L'interesse di questi anni per la coltivazione del pioppo ha portato a progettare macchine specifiche, in grado sia di ottimizzare la capacità di lavoro e conseguentemente di abbassare i costi della relativa operazione, che di adattarsi alle esigenze aziendali proprie del nostro Paese. Per la sperimentazione in oggetto è stata utilizzata una trapiantatrice di recente introduzione nel mercato (fig. 14). Si tratta di una macchina portata operante su due file, che nello specifico è stata azionata da una trattrice a doppia trazione di 90 kW di potenza.

La macchina è formata, per ogni fila, da un rullo compressore per il livellamento del terreno e da un sistema d'inserimento delle talee sul terreno stesso, costituito da una ruota in metallo, che gira attorno al proprio asse orizzontale su cui sono disposte otto pinze. L'operatore posiziona una talea su ogni pinza e quando questa è giunta in corrispondenza del terreno, uno stantuffo fa penetrare la talea nel terreno stesso. Questo sistema fa sì che non ci sia aria tra terreno e talea, riducendo le fallanze.



Fig. 14. Operazione di trapianto. Trapiantatrice della ditta Spapperi

Il trapianto ha richiesto la presenza di 4 operatori: 2 sulla macchina, 1 a terra per il rifornimento delle talee ed uno sulla trattrice.

La macchina, utilizzata nei primi giorni di aprile 2005, ha fatto registrare una capacità di lavoro di 0,83 m²/s (0,3 ha/h).

Quando le talee avevano raggiunto l'altezza di circa 0,5-0,7 m è stata effettuata un'operazione di sarchiatura con un erpice di tipo canadese, con utensili a lame flessibili dotate all'estremità di piccole vagheghe triangolari a bordi taglienti, in grado di operare un efficace lavoro di rinettatura e rottura della crosta del suolo fino a circa 0,1-0,15 m. La macchina, portata da una trattrice a doppia trazione di 60 kW di potenza, ha operato con una capacità di lavoro di 3,9 m²/s (1,4 ha/h). Per completare la descrizione delle operazioni di manutenzione dell'impianto, va segnalata un'irrigazione di soccorso, resasi necessaria a causa del clima siccitoso che ha caratterizzato l'inizio dell'estate 2005. È stato utilizzato un impianto di irrigazione semovente a tubazioni flessibili (rotoloni), costituito da un carro-bobina a punto fisso ed un irrigatore mobile su un carrello. Sono stati distribuiti 30 mm d'acqua in un unico passaggio.

La raccolta del prodotto va effettuata nell'arco di tempo che va da novembre a marzo, periodo corrispondente alla fase di riposo vegetativo del pioppo, durante il quale non viene compromessa la vitalità delle ceppaie.

La tecnica utilizzata prevede il taglio dei pioppi ad un'altezza di circa 0,1 m dal suolo e la loro concomitante trasformazione in una delle due possibili tipologie di prodotti: il cippato ed il pezzato. Il primo è costituito da scaglie di legno di dimensioni variabili (chips), che possono essere stoccate all'aperto o in locali ben areati e con rimescolamento continuo per evitare fenomeni fermentativi, che causerebbero perdite di prodotto. Il pezzato comprende invece pezzi di fusto di lunghezza 0,4-0,5 m, che possono essere stoccati senza inconvenienti. In entrambi i casi, il prodotto finale può essere ottenuto direttamente in campo con l'impiego di macchine che operano in successione prima il taglio e poi la trasformazione; oppure in due tempi attraverso l'abbattimento e lo stoccaggio delle piante al centro aziendale e la successiva cippatura.

La soluzione di raccolta nel campo sperimentale ha riguardato l'utilizzo di una raccogliatrice-cippatrice (figg. 15, 16, 17, 18, 19).



Fig. 15. Macchina impiegata per la raccolta. Raccogliatrice della ditta Spapperi.

La macchina è di tipo semiportato, dotata di ruote proprie per ammortizzare il peso e per regolare l'altezza di taglio. Quest'ultimo è effettuato da una coppia di lame circolari ad asse verticale (diametro

0,5 m), che ruotano in maniera contrapposta a 2500 giri/min. Per evitare che in seguito al taglio, le piante cadano fuori del raggio d'azione della macchina, vi è una particolare struttura ad Y, che favorisce il convogliamento del materiale verso gli organi di trinciatura. Quest'ultima operazione è effettuata da una coppia di rulli, dotati di elementi taglienti. Il prodotto finale è scaricato tramite un tubo di lancio, all'interno di un rimorchio, che precede parallelamente alla macchina. Il cantiere di raccolta era costituito, oltre che dalla macchina operatrice, da una trattrice a doppia trazione (110 kW di potenza) e da due trattrici sempre a doppia trazione (75 kW di potenza) trainanti due rimorchi, che si alternavano tra il campo ed il centro aziendale. La capacità di lavoro della macchina è stata circa 0,7 m²/s (0,26 ha/h). La resa di raccolta è stata di 110 q/ha.



Fig. 16. Particolare della testata di raccolta della macchina. Raccoglitrice della ditta Spapperi.

Tutte le operazioni descritte sono state svolte dall'azienda con i propri mezzi, tranne quelle relative alla messa a dimora delle talee ed alla raccolta del prodotto finale, per le quali si è ricorso al contoterzismo. Per la valutazione dei costi di ogni singola operazione sono stati considerati sia gli elementi di spesa che formano i costi fissi (ammortamento, interessi, ricovero, imposte e assicurazioni), sia le componenti dei costi variabili (combustibili e lubrificanti, manutenzioni e riparazioni, materiali vari e manodopera) (tab. 14).

Il costo delle talee è stato di €0,24 l'una; sono state acquistate 11.800 piante ad ettaro. La produzione di cippato è stata di 110 q/ha ed il costo di raccolta è stato di 1,30 €/q. Il trasporto ha inciso nella misura di 1,00 €/q. Il prodotto raccolto è stato venduto a 4,50 €/q.



Fig. 17. Particolare della testata di raccolta della macchina. Raccogliatrice della ditta Spapperi.

Le operazioni colturali negli anni successivi al primo, si limitano ad una sarchiatura annuale effettuata pochi mesi dopo il taglio, per favorire il ricaccio dei polloni ed un'irrigazione. Inoltre dato che le foglie cadute vengono lasciate sul terreno e restituiscono sostanza organica allo stesso è stata prevista una concimazione ogni due anni, con circa 200 kg/ha di concime ternario (costo dell'operazione e del concime valutati in 75,00 €/ha). La produzione di cippato del primo anno è generalmente circa il 20% delle reali potenzialità della coltura, pertanto per gli anni successivi al primo si è considerata una resa di 550 q/ha.

Al termine del decimo anno è stato considerato anche il costo per l'espianto, valutato in 200,00 €/ha; l'operazione può essere svolta da una fresa forestale, che triturando contemporaneamente i ceppi e le radici fino alla profondità di 0,4 m, consente di riportare il terreno alle condizioni iniziali (tab. 15).



Fig. 18. Operazione di raccolta. Raccogliatrice della ditta Spapperi.

Dai dati ottenuti si può facilmente comprendere come il recupero dell'investimento iniziale possa avvenire praticamente entro il quinto anno dalla costituzione dell'impianto, ovvero entro il quarto dalla piena entrata in produzione. Al termine dei dieci anni, il guadagno netto ammonterà a circa 5735,00 €/ha, che attualizzati all'anno zero (anno di costituzione dell'impianto), applicando un tasso d'interesse del 3,5%, corrispondono ad un guadagno di circa 4179,00 €/ha.

Naturalmente una proiezione di questo tipo potrebbe apparire estremamente ottimistica, poiché viene assunto che sia possibile ottenere una media di produzione annua di 550 q/ha di biomassa. Volendo tuttavia ipotizzare interventi tecnici imprevisti e produzioni molto al di sotto della media, che vadano a ridurre il reddito totale netto anche del 30%, quest'ultimo rimane comunque superiore se paragonato a quello ottenibile dalle comuni colture estensive (tab. 16). Queste considerazioni portano a valutare positivamente la possibilità di convertire i propri seminativi in impianti per la produzione del pioppo SRF.

Dall'analisi degli aspetti tecnici riferiti alla realtà aziendale osservata, sono emersi tre elementi fondamentali che sembrano svolgere un ruolo predominante per il successo di un'attività produttiva di questo tipo.

Il primo elemento riguarda la scelta del materiale di propagazione. È ancora giovane nel nostro Paese la sperimentazione volta a ricercare varietà di pioppo, che meglio si adattino ad elevate densità

d'impianto e frequenti turni di ceduazione e che contemporaneamente garantiscano buoni livelli produttivi. È comunque in continuo aumento la disponibilità sul mercato di cloni con tali caratteristiche.

Il secondo elemento è rappresentato dalla meccanizzazione delle diverse fasi del ciclo produttivo, che oggi rispetto a qualche anno fa, soprattutto nel trapianto e nella raccolta è in grado di proporre tecnologie e mezzi, sicuramente più rispondenti alle diverse realtà aziendali. Tuttavia nel caso del trapianto è necessario ancora lavorare al fine di una minore incidenza della manodopera, sperimentando macchine a trapianto automatico. Per la raccolta sembra ormai intrapresa la strada del taglio e della trasformazione in cippato o pezzato, direttamente in campo.

Non da ultimo il terzo aspetto di rilievo riguarda lo stoccaggio, la trasformazione ed il consumo del prodotto. Infatti produrre biomassa di tipo lignocellulosico, risulta vantaggioso solo se le aziende possono contare su una rete commerciale, che preveda il trasporto e la vendita a brevi distanze, rispetto alle zone di produzione e stoccaggio. In questa ottica è evidente la necessità d'incentivare una nuova cultura energetica, basata sull'utilizzo delle biomasse agricole come combustibile.



Fig. 6. Campo sperimentale dopo la raccolta.

Operazione	Macchina utilizzata	Manodopera [n]	Costo [€/ha]
Rippatura	Ripuntatore	1	85,00
Estirpatura	Estirpatore	1	35,00
Concimazione	Spandiconcime	1	105,00
Affinamento del terreno	Erpice a denti rotativi	1	60,00
Diserbo chimico	Irroratrice semovente	1	80,00
Acquisto talee	-----	----	2832,00
Trapianto	Trapiantatrice semiautomatica	4	400,00
Sarchiatura	Erpice canadese	1	40,00
Irrigazione di soccorso	Rotolone	1	90,00
Raccolta	Raccogliatrice cippatrice	1	143,00
Trasporto	Rimorchi	2	110,00
TOTALE	-----	----	4020,00

Tab. 14. Costi sostenuti nel primo anno.

Operazioni	Anno									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Impianto	3597,0 0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Manutenzioni	130,00	130,00	205,00	130,00	205,00	130,00	205,00	130,00	205,00	130,00
Raccolta	143,00	715,00	715,00	715,00	715,00	715,00	715,00	715,00	715,00	715,00
Trasporto	110,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00
Espianto	--	--	--	--	--	--	--	---	--	200,00
Totale spese	3980,0 0	1395,0 0	1470,0 0	1395,0 0	1470,0 0	1395,0 0	1470,0 0	1395,0 0	1470,0 0	1595,0 0
Ricavo dalla vendita	495,00	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0	2475,0 0
Guadagno netto	- 3485,0 0	1080,0 0	1005,0 0	1080,0 0	1005,0 0	1080,0 0	1005,0 0	1080,0 0	1005,0 0	880,00

Tab. 15. Costi, ricavi e guadagni per un impianto di pioppo SRF a file binate, con turni di taglio annuali [€/ha].

Coltura	Costo produzione [€/ha]	Resa (*) [q/ha]	Prezzo vendita (**) [€/q]	Ricavo totale [€/ha]	Reddito netto (***) [€/ha]
Frumento tenero / Orzo	760,00	80	12,50	1000,00	240,00
Frumento duro	740,00	70	12,00	840,00	100,00
Mais da granella in irriguo	1500,00	120	11,00	1320,00	- 180,00
Mais da granella in asciutta	850,00	70	11,00	770,00	- 80,00
Girasole	600,00	35	20,00	700,00	100,00

(*) sono stati ipotizzati elevati traguardi produttivi. (**) riferiti alla Campagna 2004.

(***) al netto del Premio Unico Comunitario.

Tab. 16. Analisi economica di alcune colture estensive.

6. LE COLTURE OLEAGINOSE

Le principali colture oleaginose sono: il girasole (*Helianthus annuus* L.), il colza (*Brassica napus* L., var. oleifera DC) e la soia (*Glycine max* L.).

6.1 GIRASOLE (*Helianthus annuus* L.)

Coltura a ciclo primaverile – estivo che può essere annoverata tra le piante da rinnovo, le quali traggono i maggiori vantaggi da lavorazioni profonde e da concimazioni organiche.

Nell'avvicendamento con altre colture il suo posto è in apertura della rotazione, succedendo o precedendo colture da cereali.

Preparazione del terreno

Il successo della coltura dipende molto dalla disponibilità d'acqua nel suolo; di conseguenza il terreno va lavorato profondamente specie se il terreno è a grana fine. La lavorazione principale è costituita da un'aratura profonda a 0,40 – 0,50 m subito dopo la raccolta del frumento. In alternativa alla classica aratura può essere eseguita una ara-ripuntatura o una scarificazione, in modo da evitare il rovesciamento di tutta la fetta di terra, seguita poi da una aratura leggera.

Eventuali lavori di estirpatura ed erpicatura vengono eseguiti verso la fine di gennaio ed inizio di febbraio. Poco prima della semina in marzo si procede all'affinamento del terreno con erpici leggeri per il pareggiamento del letto di semina e per l'eliminazione delle infestanti. La concimazione minerale va eseguita poco prima della semina per il fosforo ed il potassio, avendo cura di interrare bene i concimi. L'azoto va distribuito sotto forma di urea. I fabbisogni della coltura in asciutta sono di 80 – 120 kg/ha di N e di 50 – 70 kg/ha di P_2O_5 .

Semina

Viene eseguita verso la fine di marzo in Italia centrale e verso la metà di marzo in meridione. In coltura asciutta la densità di semina deve essere compresa tra 3 – 6 piante/m². La semina è eseguita a righe, con seminatrici di precisione, meglio se a distribuzione pneumatica che lavorano meglio con semi di forma irregolare.

La profondità di semina è di 0,03 – 0,04 m.

Utilizzando le seminatrici da mais la distanza tra le file adottata è di 0,70 m; con le seminatrici da barbabietola le distanze si riducono a 0,45 – 0,50 m.

A causa delle inevitabili fallanze, con la semina di precisione deve essere prevista la distribuzione di circa il 30% di seme a metro quadrato in più rispetto al numero di piante desiderato. La quantità di seme utilizzato oscilla tra 5 – 6 kg/ha.

Lotta alle erbe infestanti

Grazie alla rapidità del suo sviluppo il girasole compete molto bene con le infestanti soffocandole efficacemente. Importante è tuttavia il controllo delle malerbe nelle prime fasi di sviluppo. La lotta meccanica può essere eseguita con sarchiature, realizzate nel periodo primaverile, prima che lo sviluppo in altezza della coltura renda tale operazione non più praticabile.

Il diserbo chimico più usuale è quello realizzato in premergenza con macchine a polverizzazione meccanica a getto proiettato utilizzando prodotti diversi a seconda del tipo di infestazione presente (dicotiledoni, graminacee, miste).

Irrigazione

Può essere eseguita per aumentare le rese e renderle stabili rispetto alla coltura asciutta. Vanno distribuiti 30 – 40 mm di acqua in tre interventi (fine aprile inizio maggio, fine giugno, inizi di agosto). La profondità di suolo da bagnare è di 0,80 m. Il massimo fabbisogno idrico si ha 20 giorni dopo la prima fioritura (giugno).

Raccolta

Gli acheni per essere immagazzinati devono avere un contenuto d'acqua non superiore al 10%. Gli acheni raggiungono direttamente sulla pianta il desiderato grado di secchezza, pertanto non si deve ricorrere all'essiccazione.

Nelle regioni calde l'epoca di raccolta si raggiunge a metà agosto, nelle regioni fresche a metà settembre. La raccolta è eseguita con le mietitrebbiatrici da frumento opportunamente modificate e regolate. Buone produzioni si aggirano intorno a 2,5 t/ha di granella. La resa in olio può oscillare tra 1000 – 1500 kg/ha.

Estrazione dell'olio

Può essere eseguita sugli acheni interi o più comunemente sui semi sgusciati. L'estrazione preceduta dalla riduzione in farina è fatta per pressione meccanica mediante apposite presse. Il pannello di pressione ottenuto viene infine trattato con solventi per completare l'estrazione dell'olio residuo.

I pannelli e le farine ottenuti come sottoprodotto dell'estrazione dell'olio contengono proteine, sono molto digeribili e vengono utilizzate per integrare l'alimentazione del bestiame.

6.2 COLZA (*Brassica napus* L., var. *oleifera* DC)

Coltura a ciclo autunno – primaverile, fino a pochi anni fa era coltivata esclusivamente come coltura da foraggio negli erbai autunno – vernini. Come coltura oleaginosa è stata sfruttata dagli anni ottanta grazie ai vantaggi offerti dalla Comunità Europea e grazie alla costituzione di varietà prive di acido erucico, considerato dannoso per la salute umana. Nell'avvicendamento colturale il colza è un'ottima precessione per il frumento, mentre è sconsigliabile la monosuccessione

Preparazione del terreno

Questo è l'aspetto più delicato della tecnica colturale, perchè da esso dipende l'emergenza delle plantule e quindi il popolamento. L'epoca di semina, situata a fine dell'estate, collegata alle ridotte dimensioni dei semi, obbligano a porre particolare cura nella preparazione del terreno, che è più curata ed anticipata rispetto ai cereali autunno – vernini. Appena raccolto il prodotto della coltura precedente si opera l'asportazione o la trinciatura dei residui, segue poi un'aratura a media profondità (0,25 – 0,30 m). L'affinamento del terreno è realizzato con erpicature al fine di raggiungere il giusto grado di amminutamento. Nei terreni argillosi caratterizzati da clima secco si rinuncia alla preparazione tradizionale, optando per le "minime lavorazioni"; rompendo solamente le stoppie in estate con erpici. Se il terreno al momento della semina risulta troppo soffice è consigliabile una rullatura in modo da evitare l'interramento irregolare dei semi.

La concimazione va eseguita somministrando circa 180 – 200 kg/ha di azoto in forma ureica o nitro-ammoniacale prevalentemente in inverno poco prima dell'inizio della levata. Il colza non ha particolari esigenze di fosforo e potassio, ma se fosse necessario questi elementi vanno distribuiti a dosi di 60 – 80 kg/ha di P_2O_5 e 100 – 150 kg/ha di K_2O .

Semina

La data consigliabile per la semina è situata tra la metà di settembre e quella di ottobre in modo che ai primi freddi la pianta abbia già sviluppato 6 – 8 foglie. Per la semina viene utilizzata la seminatrice a righe per il frumento, chiudendo un distributore sì ed uno no, in modo da seminare a righe distanti circa 0,30 m. L'investimento di piante da ottenere è di circa 70 – 80 piante a metro quadrato, per il quale, considerate le inevitabili fallanze, è richiesto un quantitativo di seme di circa 6 – 8 kg/ha. La profondità di semina ottimale è di 0,02 – 0,03 m.

Lotta alle erbe infestanti

Il colza soffre molto la competizione delle infestanti nel periodo iniziale dell'accrescimento. La semina fitta non consente il controllo meccanico delle avventizie. Possono essere previsti trattamenti chimici in pre-semina con prodotti che richiedono un leggero interrimento nel terreno, in pre-emergenza ed in post-emergenza. In caso di attacchi di maligete deve essere eseguito in post-emergenza anche un trattamento antiparassitario.

Raccolta

L'epoca di raccolta coincide con quella dell'orzo (metà giugno). La raccolta è molto delicata a causa della scalarità di maturazione e per la facilità con cui si aprono le silique mature. Si utilizza la mietitrebbiatrice da frumento opportunamente regolata, che opera su andane o per taglio diretto. Nella raccolta su andane (poco usata) una falcia-andanatrice taglia le piante quando i semi hanno ancora il 25% – 30% di acqua ad un'altezza di 0,35 – 0,40 m.

Le andane vengono lasciate essiccare per 10–15 giorni ed infine riprese con mietitrebbiatrice munita di raccogliatore “pick – up” anteriore. Nella mietitrebbiatura diretta, più usata, si deve aver cura di evitare che l'aspo non colpisca le piante, che la ventilazione sia ridotta al minimo così come la velocità del battitore e che la distanza tra quest'ultimo ed il controbattitore sia ridotta. L'umidità standard del seme di colza è del 10%. Buone produzioni sono dell'ordine di 2,5 t/ha. Considerando un tenore d'olio del 42% può essere superata 1 t/ha di olio.

6.3 SOIA (*Glycine max* L.)

Coltura a ciclo primaverile–estivo. Grazie all'elevato tenore proteico dei suoi semi (40%) la farina di soia è molto utilizzata come integratore alimentare per gli allevamenti zootecnici. In Italia grazie agli incentivi comunitari la sua diffusione è iniziata negli anni ottanta. Essendo un'eccellente coltura miglioratrice della fertilità del terreno, grazie alla capacità di fissare l'azoto e per la sostanza organica abbondante e facilmente umificabile dei suoi residui, la soia può essere una preziosa alternativa ai cereali estivi. Nell'avvicendamento può entrare come coltura principale (ciclo primaverile – estivo) o intercalare (dopo orzo o frumento, ma non garantisce la maturazione della granella).

Preparazione del terreno

Soprattutto nei terreni aridi e compatti il lavoro preparatorio deve essere profondo 0,40 – 0,50 m ed anticipato (nell'estate o nell'autunno precedente la semina). Nel caso di coltura irrigata la lavorazione può essere più superficiale (0,25 – 0,30 m). Per evitare la formazione della crosta superficiale e favorire un buon accumulo di acqua, la preparazione del letto di semina (estirpature ed erpicature) può essere anticipata alla fine dell'inverno. Nel caso di impiego come coltura intercalare si adotta la tecnica delle minime lavorazioni cercando di accelerare il più possibile la raccolta della coltura precedente. Per quanto riguarda la concimazione, la soia se inoculata con il *Rhizobium* azotofissatore ha bisogno solo di 20 – 30 unità di azoto/ha alla semina; necessari al sostentamento della pianta fino alla formazione dei noduli radicali. In caso di assenza o fallimento di inoculazione vanno distribuite 100 – 150 unità di azoto/ha. Per quanto riguarda gli altri elementi la soia necessita di 60 – 80 unità/ha di P_2O_5 e di 50 – 100 di K_2O .

Semina

La semina avviene a fine aprile e viene eseguita con seminatrici di precisione. La profondità di semina è di 0,05 – 0,06 m nei terreni asciutti, di 0,03 – 0,04 m nei terreni umidi. Per assicurare le massime rese è necessaria una fittezza di 25 – 35 piante/m², che considerate le fallanze, si ottiene seminando da 50 – 90 kg/ha di seme. La distanza tra le file deve essere di 0,40 – 0,45 m. Dopo la semina è consigliabile eseguire una rullatura, che va fatta anche prima della semina con terreno molto soffice. Se le nascite stentano per presenza di crosta superficiale può essere fatto un passaggio con il rompicrosta a stella.

Lotta alle erbe infestanti

La soia soffre la competizione con le malerbe nelle prime fasi del ciclo colturale. Le sarchiature interfila non si usano più. Il diserbo chimico è realizzato preferenzialmente in pre – semina (si richiede l'interramento del prodotto a 0,06 – 0,08 m) o in pre – emergenza per un precoce controllo delle infestanti. I trattamenti in post – emergenza sono poco utilizzati.

Irrigazione

In Italia è quasi obbligatoria l'irrigazione a causa delle scarse disponibilità idriche nel periodo da aprile e luglio. Il sistema tradizionale è quello a pioggia che non richiede l'assolcatura. Per l'assenza di periodi critici si ha buona elasticità per decidere il momento di intervento. La profondità massima da bagnare è di 0,60 m.

Raccolta

La raccolta è eseguita in settembre per la coltura principale ed in ottobre e oltre se la coltura è intercalare. Alla raccolta la granella dovrebbe avere una percentuale di acqua inferiore al 20%. La raccolta è fatta con la mietitrebbiatrice da frumento sottoposta a leggeri adattamenti (barra regolata più vicino possibile al terreno per evitare la perdita dei baccelli dei nodi più bassi). La granella può essere conservata con percentuale d'acqua del 13%; se l'umidità è maggiore è necessaria l'essiccazione che va fatta a circolazione forzata di aria con temperature inferiori ai 60 °C. Buone rese in Italia vanno da 3,5 – 4,0 t/ha in coltura principale e 2,0 – 2,5 t/ha in coltura intercalare. L'olio di soia di mediocre qualità alimentare è estratto per pressione o con solventi.

7. LE COLTURE GLUCIDICHE

Rientrano in questo gruppo sia le colture ad elevato contenuto in saccarosio: canna da zucchero (*Saccharum officinarum* L.), barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L. *Saccharifera*), sorgo zuccherino (*Sorghum bicolor* L., Moench); sia le colture ricche di amido: frumento (*Triticum* spp.), mais (*Zea mais* L.), sorgo da granella (*Sorghum bicolor* L., Moench), patata (*Solanum tuberosum* L.), orzo (*Hordeum vulgare* L.), che sottoposti a processi fermentativi permettono di ottenere bioetanolo.

7.1 BARBABIETOLA DA ZUCCHERO (*Beta vulgaris* L. *Saccharifera*)

Si tratta di una pianta a ciclo biennale: nell'anno di semina rimane in fase vegetativa accumulando saccarosio nel fittone che tuberizza, nel secondo anno, dopo aver subito vernalizzazione, sale a fiore e fruttifica. La fase riproduttiva interessa solo le colture da seme, mentre per la produzione di zucchero la pianta è raccolta dopo il primo anno, quando cioè è massimo l'accumulo di zucchero nella radice. La barbabietola è un'ottima miglioratrice che apre la rotazione inserita tra due cereali, che raggiungono così buone produzioni. Da evitare la monosuccessione a causa di problemi legati ai nematodi ed alla rizomania. La barbabietola non trova condizioni favorevoli né dopo un prato né dopo il mais, per la presenza di residui organici mal decomposti e per residui di prodotti chimici come l'Atrazina.

Preparazione del terreno

Fattore di successo per la bieticoltura, specialmente non irrigata, è la tempestività di semina (fine febbraio). Fondamentale è che i terreni siano ben sistemati idraulicamente, con fossi di scolo in grado di evacuare l'acqua delle piogge. I fossi nei terreni argillosi devono essere distanti tra loro da 20 a 35 m. I campi devono essere leggermente baulati per convogliare l'acqua verso i fossi. I lavori di dirompimento, eseguiti prima delle piogge autunnali nei terreni pesanti e poco prima della semina nei terreni limo – sabbiosi, vengono fatti a profondità superiori di 0,50 m con aratro tradizionale o meglio con la tecnica dell'ara-ripuntatura. In alternativa può essere eseguita una lavorazione a due strati (scarificazione profonda e successiva aratura superficiale). Importantissime sono le lavorazioni di preparazione del letto di semina per evitare la formazione di crosta superficiale che impedirebbe l'emergenza. Nei terreni di medio impasto ed argillosi una razionale sequenza delle lavorazioni è:

1. novembre – dicembre, lavorazione energica e profonda (0,15 – 0,20 m) con estirpatore o chisel, per eliminare infestanti e rompere le zolle formatesi con l'aratura;
2. gennaio, passaggio di erpice a dischi (0,10 – 0,15 m);
3. febbraio, passaggio con erpice a denti rigidi;

4. marzo, semina senza nessuna ulteriore manipolazione del terreno eccetto che una rullatura se il terreno è troppo soffice.

Per quanto riguarda la concimazione minerale, la quantità di azoto da apportare varia da 100 – 180 kg/ha a seconda che la coltura sia asciutta o irrigua e l'epoca di raccolta sia precoce o tardiva. Il concime consigliato è l'urea che deve essere distribuita tutta alla semina. La dose di P_2O_5 varia da 60 – 80 kg/ha a 100 – 120 kg/ha nei terreni calcarei, mentre la dose di K_2O è di 100 – 200 kg/ha. Entrambi questi elementi vanno interrati con l'aratura o con una delle erpicature.

Semina

L'epoca è compresa tra la metà di febbraio e la metà di marzo.

Esistono tre principali modalità di semina:

1. semina a fila continua con seme plurigerme (metodo tradizionale poco usato); viene realizzato seminando grandi quantità di seme con la seminatrice da frumento. I semi cadono mediamente a 0,04 m gli uni dagli altri. Necessita il diradamento manuale che richiede 80 – 100 ore/ha;
2. semina di precisione con seme monogerme; si utilizzano seminatrici di precisione e le distanze tra i semi sono di 0,06 m. il diradamento è necessario, ma più sbrigativo facendo risparmiare il 40% del tempo;
3. semina "in posto"; semina con la seminatrice di precisione a distanze tali da non richiedere il diradamento. Per raggiungere l'obiettivo di 12 piante nate a m^2 (dalle quali avere 10 piante a m^2 alla raccolta) la spaziatura deve essere di 0,45 m tra le file e 0,18 m sulla fila.

Prevedendo circa il 70% delle nascite vanno seminati 17 semi a m^2 .

Con seminatrice di precisione per gravità la velocità ottimale è di 3 – 4 km/h. Con seminatrici di precisione a distribuzione pneumatica le velocità raggiungibili sono di 5 km/h. La profondità di semina è compresa tra 0,03 – 0,05 m.

Contemporaneamente alla semina è frequente la distribuzione di insetticidi geodisinfestanti microgranulari localizzandoli sulla fila mediante distributori (microgranulatori) montati sulla seminatrice.

Lotta alle erbe infestanti

La barbabietola soffre molto la competizione con le infestanti per la sua iniziale lentezza di crescita. In Italia centrale la flora infestante è quasi esclusivamente costituita da graminacee. In passato si facevano 3 – 4 sarchiature meccaniche tra le file ed a mano sulla fila, prima che la vegetazione ricoprisse il terreno. Da parecchi anni si utilizza il diserbo chimico. Il diserbo in pre – semina (più usato

in Italia) è realizzato irrorando il terreno poco prima di seminare e successivamente incorporandolo con una leggera erpicatura. Il diserbo in pre – emergenza è fatto prima che la bietola sia nata, irrorando la soluzione in superficie (richiede terreno umido e ben affinato). Il diserbo in post – emergenza (poco diffuso e di soccorso) si fa con bietole che hanno passato lo stadio di foglie cotiledonari. Anche se i trattamenti chimici hanno avuto successo è consigliabile soprattutto nei terreni asciutti eseguire una sarchiatura con macchine a organi rotativi o a lame fisse. Con sarchiatrici a 6 file l'operazione richiede 1,5 – 2 ore/ha.

Irrigazione

la barbabietola in Italia si coltiva soprattutto in coltura asciutta nonostante i vantaggi dell'irrigazione.

Raccolta

L'epoca di raccolta è a settembre quando le foglie sono completamente disseccate.

Le operazioni consistono nello scollettamento, nell'estirpamento, nella sommaria ripulitura dalla terra, nel caricamento e nel trasporto in fabbrica. Lo scollettamento è fatto con macchine scollettatrici che tagliano e scanzano lateralmente la testa delle radici. Al loro posto è meglio utilizzare però macchine sfogliatrici che trituran le foglie mediante flagelli e che spuntano il fittone. L'estirpamento è eseguito da un attrezzo con due vomeri o dischi contrapposti e convergenti posteriormente. Dietro all'estirpatore è presente una griglia che favorisce la ripulitura dalla terra e un allineatore che dispone in andana le radici.

Il caricamento è realizzato con macchine raccogli – netta – caricatrici. Da queste le radici sono scaricate su rimorchi o in contenitori facente parte della macchina. In quest'ultimo caso il prodotto è scaricato in cumuli sulle testate del campo e caricato con benne nei rimorchi. Per ridotte superfici si possono impiegare macchine ad operazioni riunite perchè lavorano solo su 1–3 file contemporaneamente. Per superfici superiori a 60 ha si utilizzano i cantieri separati con sfogliatrice, estirpa – allineatrice e raccogli – caricatrice che lavorano in successione, ma fino a 6 file contemporaneamente. Per ridurre il numero di passaggi, ma mantenere l'efficacia dei cantieri separati si tende a raggruppare le macchine sulla stessa trattrice: ad esempio trattrice con defogliatrice montata anteriormente ed estirpa – caricatrice posteriore. Una buona coltivazione di barbabietola da zucchero produce in media 45 – 50 t/ha di radici (9 – 10 radici a m² del peso di 450 – 500 g l'una) con il 16% di zucchero. Con questi valori si possono estrarre 7 t/ha di saccarosio.

7.2 SORGO ZUCCHERINO (*Sorghum bicolor* L., Moench. Var. *saccharatum*) e SORGO DA GRANELLA

Pianta erbacea annuale. Tra le varie forme la varietà zuccherina è caratterizzata da foglie larghe e steli succosi e zuccherini per la presenza di saccarosio nel midollo in percentuali del 15 – 20 %. Ma

non è impiegato per la produzione di zucchero per la presenza di elevate quantità di zucchero invertito che inibisce la cristallizzazione. Sopporta bene le deficienze idriche. Nei terreni non sciolti del centro – Italia bastano 120 – 150 mm di pioggia nei mesi da giugno ad agosto per avere rese soddisfacenti. Nell'avvicendamento il sorgo può senza problemi succedere a se stesso, ma in generale viene fatto seguire o precedere un cereale vernino. Dopo il sorgo il frumento produce meno per la difficile decomposizione delle radici che sottraggono al terreno elevate quantità di azoto per l'azione dei microorganismi.

Preparazione del terreno

Essendo una coltura asciutta si deve favorire l'accumulo di riserve idriche nel terreno. Pertanto, prima della stagione piovosa si realizzano lavorazioni con arature a profondità superiori a 0,45 m. Per la piccolezza del seme e la delicatezza delle plantule è richiesta un'accurata preparazione del letto di semina realizzata con energiche erpicature ed estirpature durante il periodo autunno – invernale. In questo modo il terreno alla semina è ben livellato ed amminutato tanto da richiedere solo il passaggio con erpici leggeri che smuovono lo strato più superficiale del terreno. Per quanto riguarda la concimazione, essendo una coltura asciutta, si deve limitare quella minerale in funzione delle disponibilità idriche. Il potassio non è necessario, le dosi di P_2O_5 sono di 40 – 60 kg/ha, da distribuire in pre – semina con le comuni spandiconcime. L'azoto è distribuito come urea alla semina in dosi di 80 – 120 kg/ha.

Semina

L'epoca di semina è determinata dalla temperatura minima per la germinazione 14 – 15°C; pertanto al sud e localizzata verso la fine di aprile, mentre al centro a metà maggio. È consigliabile eseguire una buona rullatura con rullo pareggiatore prima della semina. La semina è realizzata con le comuni seminatrici da frumento, o in alternativa con quelle di precisione utilizzate per la barbabietola, che deve essere regolata per assicurare un popolamento di circa 15 – 30 piante/m². Le distanze tra le file devono essere di 0,40 – 0,50 m. La profondità di semina ideale è di 0,02 – 0,03 m. Considerando una quota di fallanze del 40% – 50% devono essere seminati 10 – 15 kg/ha di seme.

Lotta alle erbe infestanti

Un diserbo molto impiegato è quello a base di Atrazina in pre – semina. Si può effettuare anche un diserbo in post – emergenza sempre con Atrazina. Pur essendo utile la sarchiatura soprattutto nei terreni argillosi e limosi soggetti ad incrostarsi ed a spaccarsi, non è unanimemente accertata la convenienza economica.

Raccolta

La maturazione del sorgo attraversa le fasi tipiche di tutti i cereali: maturazione cerosa, latte, fisiologica. Alla raccolta la granella è abbastanza secca e non richiede l'essiccazione. In più alla raccolta la pianta mantiene verdi le foglie e gli steli ricchi di zucchero nelle varietà zuccherine che

possono essere raccolti. La granella si raccoglie con la mietitrebbiatrice da frumento regolando l'altezza di taglio in modo da raccogliere solo i panicoli. In condizioni favorevoli di piovosità e fertilità del terreno possono essere superate le 10 t/ha di granella, ma le rese medie sono di 4 t/ha. I culmi verdi e fogliosi che restano in piedi dopo la mietitrebbiatura vengono raccolti con falciatrici e falciatrinciatrici. La loro resa varia tra 20 – 30 t/ha di materia verde.

7.3 PATATA (*Solanum tuberosum* L.)

Tipica coltura da rinnovo che apre la rotazione precedendo il frumento e seguendo il frumento o un cereale minore. È un'ottima miglioratrice per la buona concimazione che riceve e per la rapida mineralizzazione dei suoi residui.

Preparazione del terreno

La piantagione di patate generalmente si realizza a fine inverno, pertanto il terreno va lavorato molto in profondità (0,50 m) nell'estate precedente interrando l'eventuale letame e la concimazione di fondo. In autunno – inverno è necessario erpicare profondamente ed energicamente in modo che il terreno venga ridotto anche in profondità e risulti senza zolle e cavità. A fine inverno, al momento della piantagione, sarà sufficiente un'erpatura di pareggiamento, ricordando che la patata gradisce il terreno molto soffice. La concimazione organica con letame non è attuabile visti i costi elevati, ma la sostanza organica può essere apportata con un sovescio di lupino, veccia o senape. In assenza di concimazione organica una razionale concimazione minerale può essere: azoto 100 – 150 kg/ha, P₂O₅ 80 – 120 kg/ha, K₂O 200 – 300 kg/ha. Fosforo e potassio vanno interrati con le lavorazioni di preparazione, mentre l'azoto va distribuito o tutto al momento del piantamento o in parte anche in copertura con la prima sarchiatura.

Piantamento “semina”

Si parla di piantamento perchè la patata si propaga per tuberi. L'epoca normale per eseguirlo è la fine delle gelate tardive (febbraio in meridione e marzo – aprile nel resto d'Italia). Si utilizzano le macchine pianta tuberi automatiche o semi – automatiche. Le fittezze di piantamento più usuali variano da 3 – 6,5 piante/m², per realizzare un popolamento di 15 – 20 steli/m². La profondità di semina varia da 0,08 a 0,12 m; maggiore nei terreni sciolti e minore in quelli compatti. La distanza tra le file deve essere mantenuta tra 0,6 – 0,8 m. Per avere una densità di circa 45.000 piante/ha con tuberi di 40 – 60 g devono essere piantati circa 1.500 – 2.500 kg/ha di tuberi seme. Per avere 30.000 piante/ha con tuberi di 70 – 100 g devono essere piantati circa 2.000 – 3.000 kg/ha di tuberi seme. Subito dopo il piantamento e circa dieci giorni dopo devono essere eseguite leggere erpature con erpici snodati in modo da spianare il terreno e rompere la crosta superficiale e distruggere le prime infestanti. Le cure colturali successive consistono in ripetute sarchiature, rincalzature che favoriscono il radicamento, la tuberizzazione e proteggono parzialmente dall'infezione da parte delle spore di peronospora.

Lotta alle erbe infestanti

Il diserbo generalmente è realizzato in pre – emergenza subito dopo il piantamento. Può essere eseguito un diserbo integrativo in post – emergenza.

Irrigazione

I fabbisogni irrigui della patata sono notevoli soprattutto all'inizio della tuberizzazione e nei climi con scarse piogge estive. La profondità di suolo da bagnare è di 0,50 m e l'umidità di intervento corrisponde al 55% – 65% dell'acqua utile. I sistemi di irrigazione più comuni sono quelli per aspersione e per infiltrazione laterale.

Raccolta

L'epoca di raccolta è concentrata nel periodo che va da luglio a settembre. Pur potendo utilizzare per la raccolta anche i comuni aratri assolcatori o quelli con versoio fenestrato per portare in superficie i tuberi, al giorno d'oggi vengono comunemente usate macchine ad operazioni riunite scavatrici – raccogliatrici che arrivano all'insaccamento ed allo scarico dei tuberi all'interno dei rimorchi. In Italia le rese si assestano intorno alle 20 – 30 t/ha.

7.4 MAIS (Zea mais L.)

Coltura a ciclo primaverile – estivo. Ottima pianta miglioratrice che può precedere o seguire da una coltura sfruttante come il frumento. Anche se non è consigliabile può anche essere eseguita la monosuccessione senza problemi di stanchezza del terreno. Può essere coltivato in irriguo ed in asciutta, ma in quest'ultimo caso si assiste ad una notevole diminuzione delle rese. Tra le sub – specie conosciute, quelle più adatte alla produzione di bioetanolo sono quelle ricche di amido e glucidi: ssp. Amylacea, ssp. Saccharata, ssp. Ceratina.

Preparazione del terreno

Sono necessarie lavorazioni profonde per favorire l'accumulo di acqua soprattutto nei terreni argillosi. Nei terreni compatti le lavorazioni non vengono eseguite in autunno, ma addirittura nell'estate precedente all'anno di semina. La profondità di lavorazione è compresa tra 0,30 – 0,50 m a seconda delle caratteristiche del terreno ed è eseguita con l'aratro rovesciatore. Nel caso di lavorazioni a grandi profondità è preferibile il sistema "a due strati": scarificazione profonda ed aratura leggera. All'aratura estiva o autunnale seguiranno i lavori complementari di affinamento del terreno e di controllo delle infestanti: erpicature energiche ed estirpature. È consigliabile non eseguire interventi energici in prossimità della semina, anche perchè il mais non ha bisogno di un letto particolarmente affinato grazie alle grandi dimensioni dei semi che vanno posti a grande profondità.

Per quanto riguarda le concimazioni ci sono due casi:

1. coltura irrigua: azoto 250 – 300 kg/ha distribuito al momento della semina, P₂O₅ 80 – 120 kg/ha, K₂O 50 – 100 kg/ha. Questi ultimi due vanno distribuiti durante i lavori di preparazione del terreno;
2. coltura asciutta: azoto 60 – 80 kg/ha, P₂O₅ 40 – 60 kg/ha.

Semina

L'epoca di semina è localizzata in aprile (prima decade).

La densità ottimale per avere buone produzioni di granella sono di 6 – 8 piante/ m² in coltura irrigua e di 2,5 – 4 piante/m² in asciutta. Per eliminare il problema del diradamento, la semina è realizzata con le seminatrici di precisione. La distanza tra le file è compresa tra 0,70 – 0,80 m. La quantità di seme da distribuire varia tra 15 – 24 kg/ha e dipende dal peso dei semi e dalla fittezza che si desidera. La profondità di semina varia tra 0,04 – 0,06m. Molto utile è una rullatura pre – semina con rullo pareggiatore per rompere la crosta superficiale. Se la seminatrice è dotata di apparato localizzatore per microgranuli di insetticida è consigliabile disinfestare il terreno.

Lotta alle erbe infestanti

Le sarchiature eseguite nell'interfila non sono sufficienti ad eliminare le infestanti che proliferano sulla fila. Il diserbo chimico è eseguito in pre – emergenza, tra la semina e l'emergenza, con Atrazina. Nel caso di terreni organici in cui l'Atrazina è inattivata si procede ad un intervento in pre – semina ed alla tecnica delle dosi molto ridotte D.M.R. in pre – emergenza.

Irrigazione

Importante eseguire almeno 2 – 3 interventi, meglio 4 – 5 con turni di 12 giorni: 15 giorni dopo l'emissione del pennacchio e 15 giorni dopo l'emissione delle setole. La profondità massima da bagnare è di 0,70 m, l'umidità di intervento è al 50% – 60% dell'acqua utile. L'irrigazione è eseguita con i sistemi per aspersione.

Raccolta

La granella per essere immagazzinata deve avere il 13% di umidità, cosa che quasi mai avviene. Le macchine impiegate sono di tre tipi:

- **mietitrebbiatrici da mais**: poco usate;

- **raccogli-sfoglia-sgranatrici:** operano per più file contemporaneamente, da 4 a 8;
- **mietitrebbiatrici con testata da mais:** più diffuse perchè permettono di operare anche su altri cereali.

Il momento ottimale per la raccolta è quando la granella ha il 25% di acqua, corrispondente al periodo compreso tra metà settembre e fine ottobre. La resa media nel nostro paese è compresa tra 7 -12 t/ha.

7.5 FRUMENTO (*Triticum* spp.)

Coltura sfruttante che deve necessariamente essere alternata ad una coltura miglioratrice da rinnovo (barbabietola, mais, girasole, tabacco) o pratense. In coltura ripetuta si possono avere problemi legati all'elevato consumo di azoto, alla presenza delle infestanti e ad attacchi alle radici da parte del mal del piede.

Preparazione del terreno

In presenza dei resti della coltura precedente si deve effettuare la trinciatura dei residui. Da luglio ad ottobre si esegue una aratura profonda: 0,35 – 0,45 m. Segue l'affinamento delle zolle con erpicature. Può essere anche eseguita la minima lavorazione del terreno a profondità minori: 0,15 – 0,25 m, ma ne consegue un minor rimescolamento della sostanza organica interrata. In questo caso a seconda del terreno in cui ci si trova ad operare possono essere utilizzati i seguenti attrezzi: estirpatori, erpici frangizolle ed a dischi, zappatrici rotative, erpici ruotanti o a denti elastici. In alternativa il frumento può anche essere seminato con la tecnica della non lavorazione, ma in questo caso è richiesto il disseccamento della vegetazione presente sul campo e l'utilizzo di seminatrici molto pesanti in grado di fendere il terreno in corrispondenza di ogni elemento seminatore. La concimazione minerale richiede 210 kg/ha di azoto, con detrazioni dell'ordine di 80 kg dopo erba medica, 50 dopo la barbabietola e 40 dopo il girasole. Questo elemento va distribuito in 3 volte: il 15% va distribuito all'inizio dell'accestimento (gennaio), il 35% viene distribuito nella fase di viraggio (seconda metà di febbraio), infine il restante 50% va distribuito poco prima della levata (seconda metà di marzo). Fosforo e potassio vanno distribuiti in quantità di 50 – 100 kg/ha durante le lavorazioni principali.

Semina

Vanno seminati circa 180 – 200 kg/ha di seme, con punte di 300 kg. In realtà la quantità di seme andrebbe calcolata caso per caso considerando un investimento ottimale di 300 – 350 piante m², la grandezza dei semi e la stima delle fallanze. L'epoca di semina è anch'essa variabile: i frumenti autunnali si seminano in autunno inoltrato. Il periodo utile per la semina è stimato in 20 – 30 giorni. La semina primaverile è molto rara. Il seme deve essere conciato per resistere alle carie; è preferibile la concia "umida". Per la semina si usano classiche seminatrici a righe con distribuzione a gravità o con

distribuzione pneumatica. Nel caso di terreni soffici è consigliabile una rullatura pesante prima della semina. Interessante è anche la rullatura eseguita in inverno con la coltura in fase di accestimento. La distanza tra le file è di 0,14 – 0,20 m. La profondità di semina è compresa tra 0,02 – 0,05 m.

Lotta alle erbe infestanti

A causa della fittezza non sono possibili sarchiature così si ricorre al diserbo chimico che va eseguito in pre – emergenza (dopo la semina) ed in post – emergenza precoce (prima della levata) o tardivo (prima della spigatura).

Raccolta

L'epoca di raccolta corrisponde con la fine della maturazione fisiologica, quando la cariosside ha il 30% di acqua. Questa fase nei nostri climi corrisponde a periodo compreso tra giugno e luglio. Si utilizza per la raccolta la mietitrebbiatrice e ciò permette di posticipare la raccolta quando la granella ha il 13% di acqua. Le produzioni sono variabili: 6 – 12 t/ha. Il frumento duro differisce dal tenero nella tecnica colturale solo per l'epoca di semina che deve essere leggermente anticipata, per la quantità di seme distribuito che è leggermente maggiore perchè più pesante e per le rese che sono di circa 3,5 t/ha.

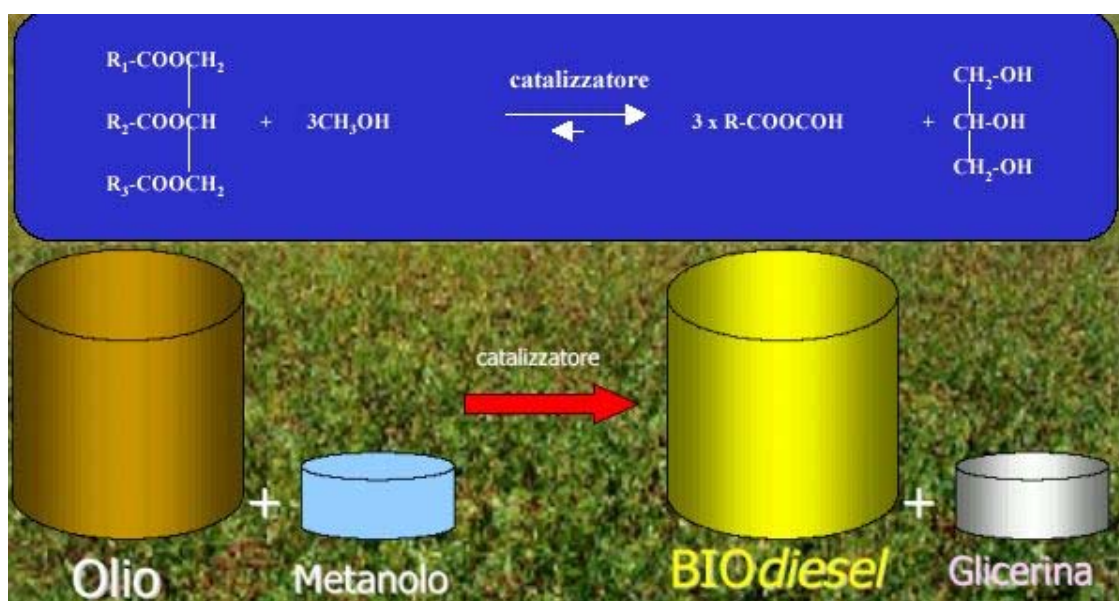
Lo stesso vale per la tecnica colturale dell'orzo per il quale la raccolta va eseguita 10 giorni prima del frumento. Le rese sono di 5 – 6 t/ha.

7.6 BIODIESEL

Il Biodiesel è un prodotto naturale utilizzabile come carburante in autotrazione e come combustibile nel riscaldamento, con le caratteristiche indicate rispettivamente nelle norme UNI 10946 ed UNI 10947. E' **rinnovabile**, in quanto ottenuto dalla coltivazione di piante oleaginose di ampia diffusione; è **biodegradabile**, cioè se disperso si dissolve nell'arco di pochi giorni, mentre gli scarti dei consueti carburanti permangono molto a lungo; garantisce un rendimento energetico pari a quello dei carburanti e dei combustibili minerali ed un'ottima affidabilità nelle prestazioni dei veicoli e degli impianti di riscaldamento.

Come si produce

Si ottiene dalla spremitura di semi oleaginosi di colza, soia, girasole e da una reazione detta di **transesterificazione** che determina la sostituzione dei componenti alcolici d'origine (glicerolo) con alcool metilico (metanolo). La sua produzione è del tutto ecologica, poiché non presuppone la generazione di residui, o scarti di lavorazione. La reazione di transesterificazione prevede la generazione di glicerina quale "sottoprodotto" nobile dall'elevato valore aggiunto, della quale sono noti oltre 800 diversi utilizzi.



Impieghi del *biodiesel*

Il Biodiesel è utilizzabile direttamente poiché non richiede, alcun tipo d'intervento sulla produzione dei sistemi che lo utilizzano (motori e bruciatori). Nell'autotrazione (motori diesel) sia puro che miscelato con il normale gasolio. Nel riscaldamento il Biodiesel può essere utilizzato direttamente sugli impianti esistenti, sia puro (al 100%) che in miscela con gasolio in qualsiasi proporzione.

CARATTERISTICHE DEL BIODIESEL PER RISCALDAMENTO

Norma UNI 10947

PARAMETRO	Unità di misura	Limiti	
		min	max
*Viscosità a 40 °C	mm ² /sec	3,5	5,0
*Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	860	900
*Punto di infiammabilità	°C	120	
*Residuo carbonioso (sul 10% residuo distillazione)	% m/m		0,3
*Contenuto di ceneri solfatate	% m/m		0,01
Contenuto di acqua	mg/kg		500
*Contaminazione totale	mg/kg		24
Valore di acidità(a)	mg KOH/g		0,50
Contenuto di estere	% m/m	96,5	
Contenuto di monogliceridi	% m/m		0,80
Contenuto di digliceridi	% m/m		0,20
Contenuto di trigliceridi	% m/m		0,20
Glicerolo libero	% m/m		0,02
C.F.P.P. (b)	°C		vedi nota
Punto di scorrimento	°C		0
*Calore specifico inferiore (calcolato)	MJ/Kg	35	

Il funzionamento nell'autotrazione determina un'usura dei motori e prestazioni del tutto assimilabili a quelle ottenute con gasolio tradizionale in termini di resa ed affidabilità.

Il biodiesel può essere impiegato:

- puro al 100 % o in miscela con gasolio in qualunque proporzione, in tutti i mezzi di trasporto dotati di motore diesel di recente concezione, i quali possono usufruirne senza accorgimenti tecnici;
- puro al 100 % in tutti i mezzi di trasporto dotati di motore diesel di vecchia produzione, con lievi modifiche da eseguire in officina (sostituzione di guarnizioni e condotti il gomma, eventuali semplici modifiche al circuito di iniezione);
- in miscela con gasolio fino al 30- 40% su tutti i mezzi di trasporto dotati di motore diesel, di qualunque età, senza la necessità di accorgimenti tecnici.

CARATTERISTICHE DEL BIODIESEL PER AUTOTRAZIONE

Norma UNI 10946

PARAMETRO	Unità di misura	Limiti	
		min	max
Contenuto di estere	% m/m	96,5	
*Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	860	900
*Viscosità a 40 °C	mm ² /sec	3,5	5,0
*Punto di infiammabilità	°C	120	
*Contenuto di zolfo	mg/kg		10
*Residuo carbonioso (sul 10% residuo distillazione)	% m/m		0,3
*Numero cetano		51	
*Contenuto di ceneri solfatate	% m/m		0,02
Contenuto di acqua	mg/kg		500
*Contaminazione totale	mg/kg		24
*Corrosione su lamina di rame (3 ore a 50 °C)	indice	classe 1	
*Stabilità termico-ossidativa (110°C)	ore	6	
Valore di acidità	mg KOH/g		0,50
*Valore di jodio	gJ ² /100 g		120
Estere metilico linolenico	% m/m		12,0
Contenuto di metanolo	% m/m		0,2
Contenuto di monogliceridi	% m/m		0,80
Contenuto di digliceridi	% m/m		0,20
Contenuto di trigliceridi	% m/m		0,20
Glicerolo libero	% m/m		0,02
Glicerolo totale	% m/m		0,25
C.F.P.P.	°C		vedi nota
*Metalli alcalini (Na+ K)	mg/kg		5
*Contenuto di fosforo	mg/kg		10,0

(*) additivato

In confronto con il gasolio, il biodiesel determina numerosi effetti positivi per l'ambiente:

- riduce le emissioni di monossido di carbonio (- 35%) e di idrocarburi incombusti (- 20%) emessi nell'atmosfera;
- non contenendo zolfo, il biodiesel non produce una sostanza altamente inquinante come il biossido di zolfo e consente maggiore efficienza alle marmitte catalitiche;
- diminuisce, rispetto al gasolio, la fumosità dei gas di scarico emessi dai motori diesel e dagli impianti di riscaldamento (- 70%);
- non contiene sostanze pericolose per la salute quali gli idrocarburi aromatici (benzene, toluene ed omologhi) o policiclici aromatici;
- giova al motore grazie ad un superiore potere detergente che previene le incrostazioni;

- non presenta pericoli, come l'autocombustione, durante la fase di trasporto e di stoccaggio;
- la sua diffusione promuove lo sviluppo di produzioni agricole non destinate all'alimentazione (non food), quindi non generatrici di eccedenze.

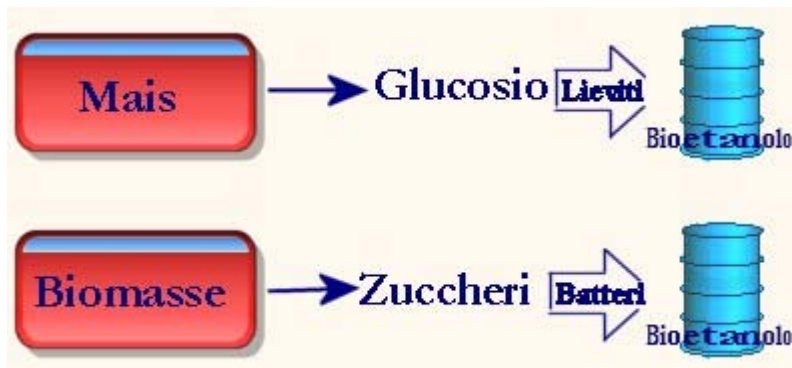
INDICI DI EMISSIONI DELLE SOSTANZE INQUINANTI E RISCALDAMENTO DOVUTO ALL'EFFETTO SERRA DEI VARI COMBUSTIBILI

(Minore è il valore minore è l'emissione/pericolosità dei gas emessi)

Carburante	Utilizzo urbano		Utilizzo extra urbano	
	Emissioni	Grado di rischio	Emissioni	Grado di rischio
Diesel	24	8	13	4
Diesel basso tenore di Zolfo	28	10	20	7
Diesel basso tenore Zolfo+add.	23	7	17	6
Diesel bassissimo tenore di Zolfo	31	11	N.D.	N.D.
Diesel bassissimo tenore di Zolfo+add.	27	9	N.D.	N.D.
Gas naturale liq.	20	6	23	8
Biodiesel miscelato 20-35%	9	3	16 (?)	5 (?)
Biodiesel puro	5	2	3	1

Fonte: Life-cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles; CSIRO Atmospheric Research Report C/0411/1.1/F2 to the Australian Greenhouse Office - March 2000

Il bioetanolo è un alcool (etanolo o alcool etilico) ottenuto mediante un processo di fermentazione di diversi prodotti agricoli ricchi di carboidrati e zuccheri quali i cereali (mais, sorgo, frumento, orzo), le colture zuccherine (bietola e canna da zucchero), patata e vinacce. In campo energetico, il bioetanolo può essere utilizzato direttamente come componente per benzine o per la preparazione dell'ETBE (EtilTerButilEtere), un derivato alto – ottanico alternativo all'MTBE (MetilTerButilEtere). Nonostante l'elevato costo di produzione, pari a circa due volte quello della benzina, il bioetanolo può risultare ancora fonte di profitto quando si considerino le attuali agevolazioni fiscali e finanziamenti di origine governativa legate alla caratteristica "rinnovabile" di questa fonte energetica. Inoltre, finalmente anche in Italia, le associazioni dei coltivatori hanno siglato degli accordi per aumentare in maniera significativa la produzione di bioetanolo aiutando anche l'agricoltura.



Il bioetanolo può essere aggiunto nelle benzine per una percentuale che può arrivare fino al 30% senza dover modificare in nessun modo il motore o, adottando alcuni accorgimenti tecnici anche al 100% come in Brasile dove, per ragioni di politica energetica locale, l'etanolo è stato utilizzato per diversi anni anche come carburante "unico" in sostituzione della benzina. Oggi viene molto utilizzato anche in Svezia, la nazione europea dove più si sta sviluppando il mercato del bioetanolo.

Quando si fanno fermentare i cereali per ottenere il bioetanolo, i sottoprodotti della lavorazione possono essere utilizzati nella mangimistica. Nella produzione da canna da zucchero si ottiene un sottoprodotto, denominato bagassa, che può essere destinato alla coproduzione di energia elettrica e calore (cogenerazione).

Orientativamente, si può stimare che il rendimento di bioetanolo, a partire da cereali, si aggiri intorno al 30% (30 kg di etanolo da 100 kg di cereali fermentati).

Per i mangimi ottenuti come sottoprodotto si può stimare una resa più o meno analoga.

In alternativa, il bioetanolo può essere prodotto a partire da biomasse di tipo cellulosico, ovvero dalla gran parte dei prodotti o sottoprodotti delle coltivazioni. In questo caso la biomassa viene idrolizzata per trattamento con acido solforico per produrre zuccheri che successivamente vengono inviati alla fermentazione utilizzando flore batteriche modificate geneticamente. Anche se impiega materie prime meno pregiate, questa seconda via è ancora molto costosa (30-40% in più rispetto alla fermentazione classica).

8. BIBLIOGRAFIA

- Porceddu P.R., Babucci V. (2005) – Un cantiere di raccolta delle potature di olivo per un utilizzo energetico – Convegno Nazionale AIIA 2005 “L’ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell’area mediterranea”, Catania 27-30 giugno.
- Porceddu P.R., Babucci V., Rosati L. (2006) – L’imballatura delle potature di vite per fini energetici – Giornate di studio “Innovazione delle macchine e degli impianti nel settore agro-alimentare per un’agricoltura multifunzionale nel rispetto dell’ambiente”, Anacapri 5-6 giugno.
- Porceddu P.R., Bolli P., Babucci V., (2006) – Biomass from olive tree pruning to produce energy – Second International Seminar “Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin”, Marsala, Mazara del Vallo 5-10 novembre.
- Porceddu P.R., Babucci V., (2006) – Se la centrale di raccolta è vicina trinciare biomassa conviene – L’Informatore Agrario n. 43.
- Boggia A., Porceddu P.R., (2006) – La raccolta delle biomasse della potatura dell’olivo a fini energetici: un’analisi tecnica ed economica – Estimo e Territorio n. 12.
- Porceddu P.R., Dionigi M., (2006) – Analisi tecnica ed economica del pioppo SRF – Estimo e Territorio n. 12.
- Porceddu P.R., Babucci V., (2007) – Soluzioni tecniche per le caldaie a biomassa domestiche – Estimo e Territorio n. 1.