

# Trapiantatrici per impianti da biomassa

## Prestazioni e costi di alcuni modelli

di MARCO MANZONE

GIANFRANCO AIROLDI

PAOLO BALSARI

Una corretta messa a dimora del materiale di propagazione delle colture arboree da biomassa spesso si rivela fondamentale per la buona produzione della piantagione. La sperimentazione condotta ha avuto l'obiettivo di valutare sotto l'aspetto produttivo, economico ed energetico alcune trapiantatrici per l'impianto di una *Short Rotation Forestry* (SRF).

La coltivazione di impianti specifici per la produzione di biomassa da impiegare esclusivamente come fonte di energia rinnovabile, generalmente conosciuta come SRF (*Short Rotation Forestry*), può costituire un valido contributo ambientale, economico e sociale (PINAZZI 2005); ma per essere proposta nei diversi ambienti, deve rispondere a **tre livelli di sostenibilità**: agronomico-produttivo, ecologico-ambientale ed economico-organizzativo (BONARI e VILLARI 2004). In particolare, per quanto riguarda l'aspetto economico è da evidenziare che benché ci siano buone prospettive per il futuro, **attualmente, i margini di convenienze di tali colture risultano esigui e dipendenti dai contributi pubblici** (PERI e PRETOLANI 2006) in quanto, considerata la ridotta qualità del materiale prodotto, i costi di produzione e quelli di trasporto incidono pesantemente sul bilancio economico di questi impianti. Se per le operazioni di raccolta della biomassa si sono già progettate e sviluppate macchine specifiche

in grado di garantire elevate produttività (SPINELLI 2001; PARI e FEDRIZZI 2005; SPINELLI *et al.* 2006 a, b; VERANI 2001) per le operazioni di messa a dimora si è ancora in una fase totalmente sperimentale della meccanizzazione. Attualmente, l'impianto delle SRF può essere eseguito con diverse tipologie di macchine, per lo più non specificatamente progettate per tale coltura ma "importate" dal settore vivaistico, e in funzione di queste si possono avere produttività e costi d'impianto diversi (VERANI *et al.* 2005; BALSARI *et*

*al.* 2002). Per quanto riguarda il materiale di propagazione da utilizzare in tali impianti, va sottolineato che le piante con un buon apparato radicale favoriscono garanzie migliori per buon attecchimento rispetto a quelle delle talee (PITTERLE 1992), ma al contempo comportano un costo di trapianto decisamente superiore.

Con l'obiettivo di individuare le trapiantatrici più performanti, tenendo conto del differente materiale di propagazione, per la messa a dimora di una SRF di pioppo e di robinia nella Pianura Padana, nel periodo 1995-2006 è stata condotta dal DAIAFA dell'Università di Torino, in parte nell'ambito del Progetto Ri.Selv.Italia finanziato dal MAF, una sperimentazione in campo delle macchine attualmente in commercio e di alcuni prototipi messi a punto da ditte private e Istituti di Ricerca. In particolare, sono state provate complessivamente 12 macchine (di cui 5 prototipi) per la messa a dimora di impianti con sesto fitto o rado e in grado di operare con talee, astoni e piantine a radice nuda.



## MACCHINE UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI FITTI

Si tratta di trapiantatrici adatte per impianti caratterizzati da un grado di fittezza superiore a 6.000 piante/ha. Per le prove le macchine sono state regolate in modo tale da eseguire impianti con sesto di 0,5 x 3 m per un totale di 6.700 piante/ha. Le attrezzature utilizzate sono state le seguenti:

### Trapiantatrice ROTOR

Si tratta di una macchina di tipo semi-portato che può operare solo con **talee** con un diametro compreso fra 20 e 45 mm e di lunghezza non superiore a 220 mm. Il sistema di trapianto è schematicamente composto da un cingolo metallico formato da 42 maglie di acciaio della lunghezza di 100 mm. A ciascuna maglia sono fissati, esternamente un pattino, della lunghezza di 100 mm e di larghezza 250 mm, ed internamente un cilindro, del diametro di 50 mm, nel quale scorre un pistone caratterizzato da una corsa di 230 mm, dimensione che limita la lunghezza delle talee che possono essere messe a dimora con tale attrezzatura. Quando la maglia si trova nella zona superiore del cingolo, il pistone scorre verso il basso per effetto della forza di gravità, permettendo così all'addetto di introdurre la talea nel cilindro. Durante l'avanzamento, nel momento in cui il pattino si trova nella parte inferiore del carrello porta cingolo e inizia la sua corsa verso il rullo di sostegno superiore, il pistone, per effetto di uno scivolo collegato al telaio si sposta progressivamente verso il basso conficcando la talea nel terreno.

### Trapiantatrice BERTO

La macchina, con telaio semi-portato, è di tipo **universale** e può operare con piantine radicate di lunghezza non superiore a 55 cm e di diametro fino a 30 mm. L'elemento trapiantatore, costituito da una ruota su cui sono montate delle pinze afferra-piantine, è azionato dal suo contatto con il terreno. Le piantine/talee, inserite nelle apposite pinze, vengono adagiate dalla ruota sul fondo di un solco aperto da un assolcatore e successivamente richiuso da due dischi rinalzatori che precedono i rulli compattatori.

### Trapiantatrice ALLASIA R1

La trapiantatrice è di tipo **universale** ed è costituita da un telaio in acciaio, agganciato all'attacco a tre punti del trattore, sul quale sono posizionati un assolcatore dell'altezza di 50 cm, due versoi, due ruote in acciaio e un pianale per lo stoccaggio del materiale di propagazione. Il sistema di trapianto prevede il posizionamento manuale del materiale di propagazione nel solco aperto dall'assolcatore e chiuso, successivamente, dai due versoi. Per migliorare l'attecchimento il terreno viene compattato per mezzo delle due ruote in acciaio. La distanza sulla fila è regolata da un sistema di fotocellule che, posizionate ad una distanza prefissata, avvisano acusticamente l'operatore nel momento in cui deve adagiare la piantina o la talea nel solco.

### Trapiantatrice SPAPPERI TPP A 200 e SPAPPERI PACCIAMANTE

Queste trapiantatrici sono costituite schematicamente da un telaio semi-portato in acciaio, un circuito idraulico ed uno elettronico in grado di gestire e coordinare i movimenti delle parti meccaniche. Il modulo di trapianto è formato da un rullo in acciaio, da una ruota in acciaio su cui sono montati radialmente gli organi di trapianto e da una postazione per l'operatore. Gli organi di trapianto, distanziati uniformemente su tutta la

circonferenza, sono formati da un tubolare della lunghezza di 39 cm alla cui estremità è fissata una particolare pinza afferra **talee**. Durante la marcia, man mano che le pinze con la talea vengono a trovarsi verso il basso, un martinetto idraulico agendo sul tubolare, conficca la talea all'interno del terreno. L'attivazione del martinetto idraulico e la corsa dello stesso è gestita elettronicamente per mezzo di 3 sensori di posizione (*proximity*). Il rullo anteriore al modulo risulta indispensabile per evitare oscillazioni della ruota durante la marcia. Il **sistema pacciamante** è costituito da un apparato meccanico posto anteriormente a quello di trapianto che è in grado di distendere un film plastico simultaneamente alla messa a dimora del materiale di propagazione.



Messa a dimora di una SRF fitta con film plastico (trap. Spapperi Pacciamante).

### Trapiantatrice ALLASIA T1

Si tratta di un prototipo in grado di operare con **talee** di diametro max di 40 mm e di lunghezza massima di 250 mm che è portato dall'attacco a tre punti del trattore. Esso è schematicamente costituito da un telaio in acciaio sul quale è posizionato un rullo, con la funzione di compattare il terreno, e una ruota in acciaio su cui sono posizionati gli organi di trapianto mobili in modo da consentire di eseguire impianti con distanza tra talea e talea di 40-50-60 cm e di ottenere densità d'impianto rispettivamente di 8.300-6.600-5.500 piante/ha. L'organo trapiantatore è costituito da due tubolari quadri in acciaio di dimensioni diverse in modo che quello di dimensioni minori possa scorrere all'interno dell'altro mediante l'ausilio di una molla. Le talee vengono inserite dall'addetto all'interno del tubolare più grande nel momento in cui questo si trova rivolto verso l'alto, e vengono conficcate nel terreno da quello più piccolo quando si trova rivolto verso il basso. Il dispositivo viene successivamente armato mediante una guida che, durante l'avanzamento della macchina, spinge verso l'alto il tubolare interno bloccandolo in tale posizione.

### Trapiantatrice OLIVER e SPAPPERI tradizionale

Tali trapiantatrici risultano costruttivamente molto simili e possono operare sia con **talee**, sia con **materiale radicato**. Le macchine sono di tipo portato e l'organo trapiantatore è costituito da una serie di pinze, montate su una catena, messa in movimento da due ruote gommate che appoggiano sul terreno. Il materiale di propagazione viene posi-

zionato dall'addetto all'interno delle pinze e queste lo depongono all'interno di un solco aperto nel terreno da un assolcatore. Il solco viene, quindi, chiuso da due lame rinalzatrici che spostano il terreno sulla fila e dai rulli compattatori che favoriscono l'adesione del terreno al materiale stesso. Ogni unità trapiantatrice, costituita da assolcatore, catena dotata di pinze, rinalzatore, rulli compattatori, lamine in acciaio zincato sulle quali vengono collocate le cassette contenenti il materiale di propagazione e sedile per l'operatore è collegata in modo rigido al telaio della macchina.

### Trapiantatrice SALIX MASKINER

È una trapiantatrice sviluppata nel Nord-Europa di tipo semi-portato e viene agganciata all'attacco a 3 punti della trattore. Il telaio in acciaio, oltre ad avere due unità di trapianto, è caratterizzato da un contenitore per il materiale di propagazione e da un piano di lavoro su cui operano gli addetti al trapianto. La movimentazione degli organi di trapianto è garantita dalla presa di potenza che è collegata a un giunto a frizione per impedire rotture derivate da eventuali inceppamenti della stessa. La frequenza di trapianto può essere variata agendo sulla distanza tra la puleggia che aziona il meccanismo di taglio e il disco di frizione che ne garantisce la movimentazione. Il sistema di messa a dimora della macchina richiede l'utilizzo di **astoni** di lunghezza compresa fra 800 e 2.500 mm con un diametro minimo di 8 mm e massimo di 22 mm. Durante la fase di trapianto, che prevede il trasporto dell'astone alla posizione di trapianto mediante un sistema di cinghie, l'astone viene conficcato nel terreno e sezionato in "talee" della lunghezza compresa fra 100 e 200 mm. Tale lunghezza può variare ad intervalli di 20 mm.

### Pianta astoni orizzontali DEIAFA

La macchina è stata progettata e realizzata dal Dipartimento di Economia, Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA), Sezione di Meccanica dell'Università di Torino nell'ambito del Progetto Ri.Selv.Italia del MAF.

Si tratta di una macchina a due file semi-portata agganciata all'attacco a 3 punti del trattore che è stata sviluppata per mettere a dimora, in posizione orizzontale, **astoni** della lunghezza massima di 1.300 mm. Schematicamente essa è composta da un telaio su cui sono montati 2 contenitori per gli astoni e due nastri trasportatori per la loro deposizione nel solco.



Messa a dimora di una SRF fitta con astoni orizzontali (trap. DEIAFA).

Il moto dei due nastri su cui vengono adagiati gli astoni, è garantito da una catena collegata a due ruote messe in movimento dall'attrito delle stesse con il terreno. I solchi in cui vengono adagiati gli astoni sono aperti da 2 rincalzatori e richiusi da 4 versoi, seguiti da 2 ruote che compattano il terreno facendolo aderire all'astone e favorendo così l'attecchimento dello stesso. I sistemi di trapianto sono montati su telai scorrevoli che, per mezzo di martinetti idraulici, possono essere posizionati ad una distanza reciproca - distanza tra le file - compresa fra 2 e 3 m.



Particolare della messa a dimora dell'astone all'interno del solco (trap. DEIAFA)

## MACCHINE UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI RADI

Si tratta di trapiantatrici adatte per la realizzazione di impianti caratterizzati da un grado di fittezza, inferiore a 2.000 piante/ha.

Per le prove in campo le macchine sono state regolate per eseguire impianti con sesto di 2 x 3 m per un totale di 1.670 piante/ha. Nell'ambito della sperimentazione sono state utilizzate le seguenti macchine:

### Pianta astoni verticali ALLASIA V1

Tale attrezzatura è progettata per mettere a dimora **astoni** in posizione verticale ed è costituita da un telaio in acciaio agganciato all'attacco a tre punti del trattore. Sul telaio, anteriormente, è montato un asscoltatore che, aprendo un solco, permette all'operatore di posizionare il materiale di propagazione all'interno dello stesso. Subito dopo la sua messa a dimora il solco viene richiuso da 2 dischi rincalzatori opportunamente inclinati. Successivamente alla chiusura del solco, per aumentare la stabilità e l'attecchimento delle piante, 2 ruote provvedono a compattare il terreno nei pressi della zona del "colletto". La profondità di lavoro dell'asscoltatore è regolabile attraverso due pattini in acciaio situati ai lati della macchina i quali fanno in modo che, raggiunta la profondità ottimale, l'attrezzatura scivoli sul terreno. Sopra il telaio è presente un pianale per il trasporto del materiale di trapianto. La distanza tra le piante sulla fila viene determinata tramite un dispositivo elettrico in grado di avvisare l'operatore, mediante l'accensione di una spia luminosa quando è il momento di inserire l'astone nel solco.



Messa a dimora di una SRF rada con astoni (trap. Allasia V1).

### Trivella portata dal trattore

L'impianto con trivella è del tutto simile a quello impiegato per l'arboricoltura da legno e prevede l'utilizzo di una trivella del diametro di 15-20 cm, portata all'attacco a 3 punti del trattore. Generalmente il moto rotatorio dell'elica e il controllo della discesa della stessa sono garantiti da un circuito idraulico azionato dall'operatore.

Il tracciamento dell'impianto può essere eseguito in modo automatico mediante GPS oppure usando un "tracciafile" con passaggi incrociati.

La trivella impiegata nelle prove aveva un diametro di 200 mm e un'altezza dell'elica di 1 m.

Trapiantatrice	Rotor	Allasia T1 <sup>(1)</sup>	Spapp. Pacc. <sup>(1)</sup>	Spapp. TTP 200	Spapp. Trad.	Allasia R1 <sup>(1)</sup>	Berto	Oliver	Deiafa <sup>(1)</sup>	Salix Maskiner	Trivella	Allasia V1 <sup>(1)</sup>
Materiale	talee	talee	talee	talee	univers.	univers.	univers.	univers.	astoni	astoni	univers.	univers.
N° file	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1
Distanza (m)	variab.	variab.	0,5	0,5	variab.	variab.	0,5	variab.	0,1	variab.	variab.	variab.
Velocità (km/h)	1	1,2	1	1,2	0,9	1,1	1,1	1,1	2	4	0,9	2,2
Addetti (n.)	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3
Peso (kg)	700	780	680	1150	350	350	650	350	650	580	300	600
Potenza richiesta (kW)	40	60	40	60	60	40	40	60	40	60	60	90
Prezzo di acquisto (€) <sup>(2)</sup>	7.000	10.000	16.500	22.500	15.000	5.000	5.000	10.000	8.000	24.000	3.000	7.500

**Note:** (1) Al momento della realizzazione della prova questi modelli erano a livello di prototipo;

(2) Prezzo utilizzato nella valutazione economica quindi da non considerare a scopo commerciale.

Principali caratteristiche tecniche ed operative delle trapiantatrici oggetto di prova.

## PROVE ESEGUITE

Le prove sono state eseguite presso l'Istituto Tecnico Agrario di Lombriasco (TO), l'azienda Allasia Plant di Cavallermaggiore (CN) e l'Azienda Mezzi dell'Istituto Sperimentale per la Pioppicoltura di Casale Monferrato (AL). Le caratteristiche climatiche, così come quelle litologiche e pedologiche risultano essere simili per tutte e tre le località nelle quali si è operato. In particolare, i terreni presentano una base litologica costituita da depositi alluvionali recenti e rientrano nella terza classe d'uso dei suoli, caratterizzata da suoli di media fertilità e buona profondità. Le **talee di pioppo** utilizzate nelle prove

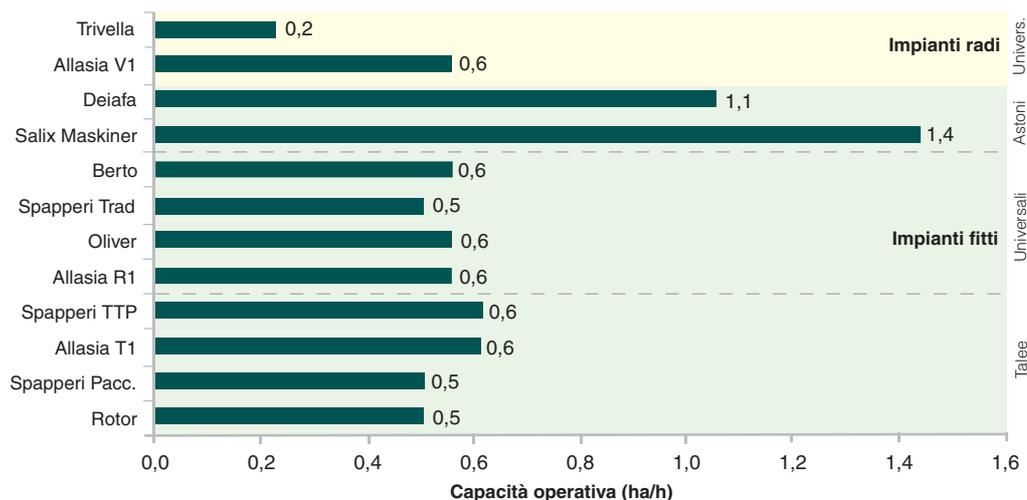
erano caratterizzate da una lunghezza di 220 mm, da un diametro compreso fra 10 e 30 mm e da un taglio obliquo per facilitare il riconoscimento della direzione delle gemme. Per gli impianti realizzati con **materiale già radicato** si sono utilizzate piantine di robinia di un anno, dell'altezza di circa 500 mm caratterizzate da un apparato radicale della lunghezza di circa 200 mm. Per le macchine pianta-astoni sono stati preparati **astoni di pioppo** di 1,3 m per il prototipo DEIAFA e di 2 m per il prototipo Allasia V1. Il confronto delle macchine è stato eseguito ipotizzando che tutte le trapiantatrici operassero con due elementi di trapianto per una lunghezza

complessiva di lavoro pari a 6 m.

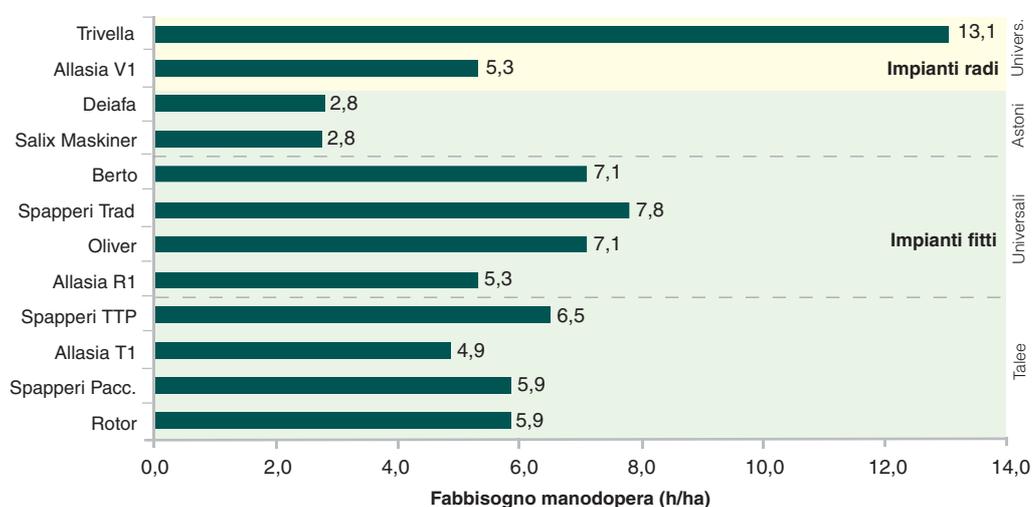
## PARAMETRI RILEVATI

Per ogni attrezzatura sono stati determinati i **tempi di lavoro** in base alla metodologia C.I.O.S.T.A. (Comité International d'Organisation Scientifique du Travail en Arboriculture - BOLLÉ e SCOTTON 1987) su superfici con estensione di almeno 5.000 m<sup>2</sup> e per un tempo di rilievo non inferiore alle 2 ore. Successivamente sono stati calcolati la **capacità di lavoro** e il **fabbisogno di manodopera** di ciascuna di esse. La qualità del lavoro di tutte le macchine impiegate è stata valutata in funzione della **percentuale**

**Grafico 1** - Capacità di lavoro delle trapiantatrici impiegate suddivise per materiale di propagazione.



**Grafico 2** - Fabbisogno di manodopera per l'impianto in funzione del tipo di trapiantatrice e materiale di propagazione impiegato.



**di attecchimento** del materiale messo a dimora. Quest'ultima è stata rilevata, su aree campione, 90 giorni dopo il trapianto. È stata eseguita anche una prima **valutazione economica** di larga massima riferita ai soli costi di esercizio delle diverse macchine trapiantatrici. In particolare, il costo orario delle macchine è stato calcolato secondo la metodologia proposta da RIBAUDO (1977) aggiornando i prezzi al 2006 e considerando un costo orario della manodopera pari a 12,5 Euro (AA.VV. 2005). Per quanto riguarda i trattori si è assunta una loro utilizzazione annua di 500 ore/anno e si è calcolato il loro costo orario secondo la procedura di calcolo messa a punto dalla Sezione di meccanica del DEIAFA (PICCAROLO 1989). Considerato l'elevato peso e gli ingombri delle trapiantatrici, il dimensionamento del trattore è avvenuto in funzione della stabilità longitudinale dello stesso. Parallelamente, si è proceduto anche alla determinazione del **costo energetico** delle diverse trapiantatrici oggetto delle prove

tenendo conto dei consumi diretti (consumo di combustibile e lubrificante delle macchine operatrici) e di quelli indiretti (contenuto energetico delle macchine e delle attrezzature impiegate). Tali consumi sono stati calcolati sulla base del contenuto energetico primario dei vari materiali: 51,5 MJ/kg per il gasolio, 83,7 MJ/kg per il lubrificante, 92,0 MJ/kg per le macchine motrici e 69,0 MJ/kg per le macchine operatrici (JARACH 1985).

## RISULTATI OTTENUTI

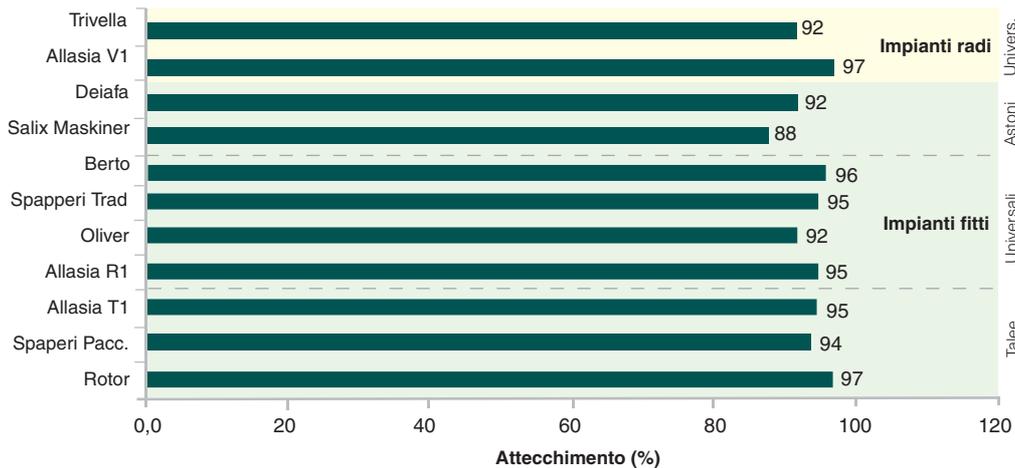
### Prestazioni operative e qualità del lavoro

La capacità di lavoro più elevata, per l'impianto di SRF a sesto fitto, è stata ottenuta dalle trapiantatrici operanti con astoni, registrando valori prossimi a 1,5 ettari in un'ora di lavoro con la Salix Maskiner. Netamente inferiori e sempre al di sotto dei 0,61 ha/h, sono risultate le capacità di lavoro delle altre trapiantatrici (Grafico 1). Ciò è riconducibile, principalmente, alla ridotta velocità di

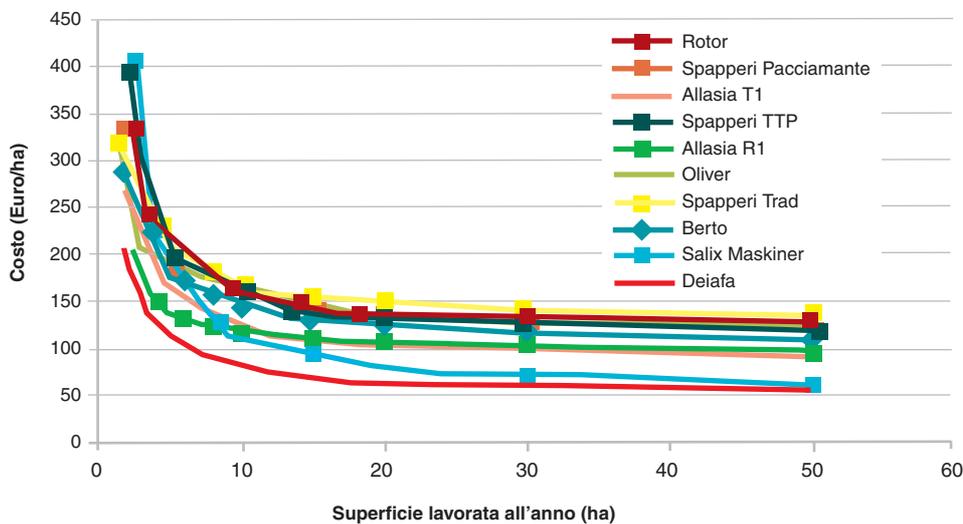
avanzamento del cantiere che per queste trapiantatrici non supera i 1,2 km/h. Per quanto riguarda il fabbisogno di manodopera, le trapiantatrici operanti con astoni interi hanno registrato valori di 2,8 h/uomo/ha che risultano inferiori di circa 2/3 rispetto a quelli delle trapiantatrici universali (Grafico 2).

Nel caso della messa a dimora di un impianto rado, la trapiantatrice Allasia V1 è risultata in grado di operare con una capacità di lavoro di 0,6 ha/h ed ha richiesto un fabbisogno di manodopera di 5,3 h/uomo/ha, valori nettamente più performanti rispetto al metodo tradizionale che prevede l'utilizzo della trivella.

Nel complesso tutte le macchine hanno garantito una buona qualità del lavoro con attecchimenti sempre superiori al 90% (Grafico 3), tranne la Salix Maskiner che ha evidenziato un ridotto attecchimento (88%) dovuto in parte ad alcuni problemi operativi quali: la rottura di alcune gemme durante il convogliamento degli astoni verso il sistema



**Grafico 3** - Livello di attecchimento del materiale di propagazione messo a dimora con le diverse trapiantatrici.

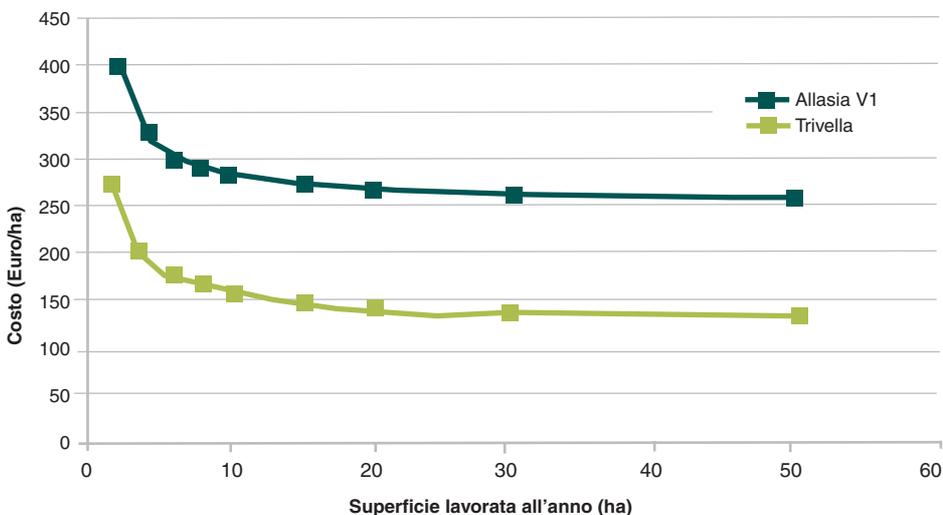


**Grafico 4** - Costo di esercizio di diverse trapiantatrici per l'impianto di una SRF a sesto fitto.

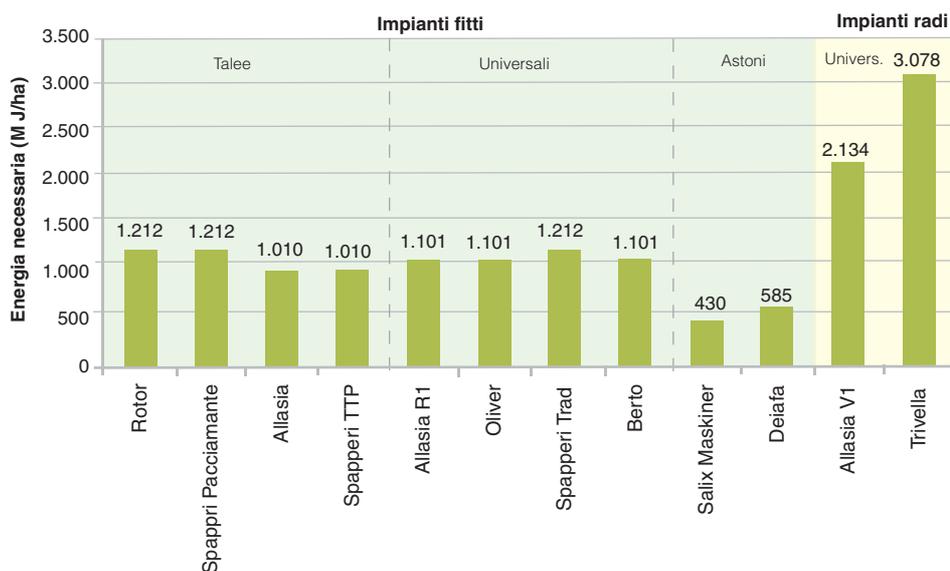
di trapianto, la rottura delle talee se si opera su terreno asciutto e compatto e la mancanza di un sistema di determinazione del punto di trapianto proporzionale alla velocità di avanzamento della macchina. La trapiantatrice Spapperi pacciamante ha evidenziato qualche problema nel posizionamento del film plastico se utilizzata in terreni non ben preparati e con elevata presenza di residui culturali affioranti. La tecnica di messa a dimora dell'astone coricato (prototipo DEIAFA) non risulta compatibile con tutti i cloni di pioppo. Nel corso delle prime prove di confronto clonale le varietà Neva, Dvina e Lena hanno fatto registrare valori di attecchimento rispettivamente del 92-70-70%.

### Valutazione economica

I risultati della valutazione economica condotta hanno evidenziato che i costi di esercizio delle trapiantatrici di talee impiegate per l'impianto di una SRF a sesto fitto possono superare i 300 Euro/ha (Grafico 4) e sono strettamente legati al loro impiego annuo. Tali costi risultano nettamente inferiori (intorno a 80-120 Euro/ha nel caso si operi su superfici di 10 ha) quando si impiegano macchine che operano con astoni interi ed in particolare nel caso del prototipo DEIAFA che è risultato quello economicamente più vantaggioso. In particolare, nel caso di una superficie trapiantata a sesto fitto pari a 15 ha/anno, il costo di esercizio di tali macchine risulta essere **compreso fra 120 e 140 Euro/ha per le trapiantatrici**



**Grafico 5** - Costo di esercizio di diverse trapiantatrici per l'impianto di una SRF a sesto rado.



**Grafico 6** - Costo energetico diretto e indiretto delle diverse trapiantatrici oggetto di prova.

di talee<sup>(1)</sup>, fra 110 e 145 Euro/ha per le trapiantatrici universali e inferiore a 100 Euro/ha nel caso di utilizzo di astoni.

Per un'analoga superficie trapiantata a sesto rado, il costo di esercizio delle macchine impiegate risulta essere compreso fra 150 e 270 Euro/ha. Per la messa a dimora con astoni verticali il prototipo Allasia V1 è risultato caratterizzato da un costo di esercizio inferiore di circa il 30% rispetto alla soluzione tradizionale di trapianto con trattore e trivella (Grafico 5).

### Valutazione energetica

Il costo energetico delle trapiantatrici oggetto delle prove è **compreso tra 430 e 1.210 MJ/ha per quelle impiegate per l'impianto fitto e fra 2.135 e 3.080 MJ/ha per quelle impiegate per l'impianto rado**. In particolare, considerando gli impianti ad elevata densità, è possibile affermare che le macchine operanti con astoni risultano caratterizzate da fabbisogno energetico sensibilmente ridotto e compreso fra 430 e 585 KJ/ha, equivalente a circa il 120% in meno rispetto alle trapiantatrici per talee e universali che registrano valori assai simili e compresi fra 1.010 e 1.210 MJ/ha. Per gli impianti radi è da evidenziare una sensibile riduzione del fabbisogno energetico, utilizzando il prototipo Allasia V1 (Grafico 6). Si tratta, tuttavia, di entità che incidono sul

costo energetico complessivo di tale coltivazione (BALSARI e AIROLDI 2002) in misura mai superiore all'1,1%.

## CONCLUSIONI

La sperimentazione condotta ha evidenziato che la progettazione e la realizzazione di nuovi prototipi di trapiantatrici risulta fondamentale per aumentare la produttività del lavoro, contenere il fabbisogno di manodopera e ridurre, i costi d'impianto delle coltivazioni per la produzione di biomassa. Il prototipo pianta astoni-orizzontali messo a punto dal DEIAFA sez. Meccanica dell'Università di Torino, nel caso dell'impianto fitto, ha permesso di incrementare la produttività del lavoro di circa il 45%, ridurre del 150% il fabbisogno di manodopera e dimezzare i costi d'impianto rispetto alle trapiantatrici attualmente in commercio. Per l'impianto rado, invece, è da sottolineare l'elevato incremento (circa il 150%) di produttività oraria e il considerevole contenimento (circa il 140%) del fabbisogno di manodopera registrate dal prototipo Allasia V1, rispetto al metodo tradizionale di trapianto con trattore e trivella, che si sono tradotti in una riduzione di circa il 45% dei costi d'impianto.

Tutte le trapiantatrici oggetto delle prove hanno registrato una **considerevole riduzione dei loro costi di utilizzo se impiegate su superfici maggiori di 15 ettari all'anno**. In tali condizioni, operando in un impianto a sesto fitto, i minori costi si ottengono con l'impiego delle macchine pianta-astoni, seguite dalle trapiantatrici di talee e dalle trapiantatrici universali. Va, tuttavia,

sottolineato come la maggiore versatilità delle trapiantatrici universali possa influire sull'utilizzo annuo della macchina e possa rappresentare un criterio discriminante di scelta.

Per quanto riguarda, invece, il sesto rado, è indiscussa la convenienza dell'utilizzo del prototipo Allasia V1 in sostituzione del sistema tradizionale con trivella.

Il fabbisogno energetico delle trapiantatrici per la messa a dimora di impianti ad elevata densità è risultato nettamente inferiore rispetto a quello delle trapiantatrici per la messa a dimora degli impianti radi e quello delle trapiantatrici operanti con astoni ha presentato valori sensibilmente inferiori rispetto a quello delle trapiantatrici per talee e di quelle universali.

In sintesi, si ritiene che la sperimentazione svolta possa fornire un primo

contributo alla scelta delle macchine da impiegare per l'impianto di una SRF oltre ad una serie di indicazioni per i costruttori e ricercatori che intendono sviluppare specifiche trapiantatrici da utilizzare per l'impianto di questo particolare tipo di coltivazione.

## Bibliografia

- AA.VV., 2005 - **Costo di esercizio delle macchine agricole**. Opuscolo C.R.P.A. (5) 1-10.
- BALSARI P., AIROLDI G., 2002 - **Valutazione energetica ed economica di una coltivazione di pioppo per la produzione di biomassa**. Riv. Agron. (36) 163-169.
- BALSARI P., AIROLDI G., FACCIOGTO G., 2002 - **Messa a dimora di un impianto di pioppo da biomassa**. Sherwood (81): 49-54.
- BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione agricola**. Edagricole.
- BONARI E., VILLARI R., 2004 - **Le biomasse agricole e forestali nello scenario energetico nazionale**. Convegno di studio, Progetto Fuoco 2004, Verona, 18-19 Marzo.
- JARACH M., 1985 - **Sui valori di equivalenza per l'analisi e il bilancio energetici in agricoltura**. Riv. Di Ing. Agr. (2): 102-114.
- PARI L., FEDRIZZI M., 2005 - **Migliora l'efficienza di raccolta del pioppo a ciclo annuale**. L'informatore Agrario (30): 54-58.
- PERI M., PRETOLANI R., 2006 - **Biomasse legnose da SRF: convenienza economica**. Raccogliamo l'energia n 54. Regione Lombardia. 63 p.
- PICCAROLO P., 1989 - **Criteri di scelta e di gestione delle macchine agricole**. Macchine e Motori Agricoli (12): 28-32.

(1) In tale valutazione non si è tenuto conto del costo aggiuntivo del film plastico utilizzato dalla Trapiantatrice Spapperi pacciamente in quanto considerato come parte del costo complessivo delle cure colturali necessarie per l'impianto.

PINAZZI P., 2005 - **L'utilizzo energetico del pioppo e del legno in generale.** Convegno: La pioppicoltura nella filiera legno-prospettive e azioni di rilancio, Casale Monferrato, 23 Giugno.

PITTERLE A., 1992 - **Energieholzanlagen im Kurzumtrieb-eine waldbaulich-ertragskundliche Studie unter Beruecksichtigung entomologischer Aspekte.** Abteilung Gebirgswaldbau des Waldbau -Istitutes an der Universitaet fuer Bodenkultur Wien, Maerz: 210 p.

RIBAUDO F., 1977 - **Il costo di esercizio delle macchine agricole.** Macchine e Motori (XI): 101-103.

SPINELLI R., 2001 - **La raccolta del pioppeto a ciclo accorciato.** L'Informatore Agrario (44) 39-41.

SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N., 2006a - **Efficienza complessiva di cantieri di meccanizzazione integrale di SRF (Short Rotation Forestry) in Lombardia.** Raccogliamo L'energia, Regione Lombardia (54): 64 p.

SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N., 2006b - **Raccolta delle biomasse a rotazione biennale.** Terra e vita (1) 88-92.

VERANI S., 2001 - **Tecniche di raccolta della biomassa forestale.** Supplemento a L'informatore Agrario (34) 13-15.

VERANI S., SPERANDIO G., SAVELLI S., 2005 - **Produttività e costi per l'impianto meccanizzato.** Alberi e Territorio (9) 25-30.

---

## INFO . ARTICOLO

**Autori:** Marco Manzone, *Assegnista di Ricerca, Dip. Economia e Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino. E-mail [marco.manzone@unito.it](mailto:marco.manzone@unito.it)*

Gianfranco Airoidi, *Ricercatore, Dip. Economia e Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino. E-mail [gianfranco.airoidi@unito.it](mailto:gianfranco.airoidi@unito.it)*

Paolo Balsari, *Professore Ordinario di meccanica agraria, Dip. Economia e Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino. E-mail [paolo.balsari@unito.it](mailto:paolo.balsari@unito.it)*

**Parole Chiave:** *Meccanizzazione, legno ed energia, impianto SRF, trapiantatrici, produttività, manodopera, costo, fabbisogno energetico.*

**Abstract:** *Energy crops: productivity of some planters. Short rotation forestry, to reach economic sustainability, should have to reach an high level of mechanization. With the aim to find the more efficient machines for poplar, willow and locust tree SRF plantation in the Po Valley it was carried out by DEIAFA of Turin University between 1995 and 2006 - into the Ri.Selv.Italia Project funded by MAF - an experimentation with the planters available on the market and with some prototypes developed both by private company and research institutes. The study have pointed out the development of new machines is basic to increase the work capacity, to reduce work requirements and as a consequence, to reduce the cost for the plantation of SRF. Using the prototype developed by DEIAFA able to plant rods in horizontal position, has been possible to reach a work capacity 45% higher than these obtained with the conventional planters with a cost near reduction to 50%.*