

## 5. COMPOST: TIPOLOGIE, CARATTERISTICHE E UTILIZZI

Nel presente capitolo sono riportati i risultati delle prove sperimentali condotte dai professori universitari Ferdinando Pimpini, Paolo Sambo, Maurizio Borin, Luigi Sartori e dai loro collaboratori dottori Franco Gasparini e Matteo Passoni. Al buon esito delle prove in campo hanno contribuito, inoltre, i periti agrari Francesco Salmaso e Carlo Cappellari di Veneto Agricoltura.

### 5.1 L'IMPIEGO IN AGRICOLTURA

L'interruzione del ciclo del Carbonio, derivato dalla modifica dell'assetto produttivo agrario, dalla banalizzazione degli ordinamenti produttivi agricoli e dalla sempre maggiore avversione dell'opinione pubblica verso impatti caratteristici del ciclo zootecnico (che ha comportato il calo del patrimonio zootecnico), è alla base della diminuzione del contenuto di sostanza organica nei suoli, che oggi ha raggiunto livelli preoccupanti anche in Pianura Padana, in cui si individuano suoli agrari in via di desertificazione a causa del depauperamento in sostanza organica, scesa in alcune aree sotto l'1%.

**Figura 5.1** - Distribuzione ed immediato interrimento di compost



Il ricorso al compost costituisce quindi una scelta alternativa rispetto alle matrici organiche che classicamente in passato venivano utilizzate in agricoltura. Oggi, a causa dell'assenza degli ammendanti organici di derivazione zootecnica (letame),

gli ammendanti compostati costituiscono la vera alternativa per la reintegrazione della sostanza organica nel terreno. La normativa nazionale vigente in materia di fertilizzanti (D.lgs. 217 del 29/04/2006) identifica oggi diverse tipologie di materiali in base alla loro origine ed in base alla loro qualità.

Si identificano tre tipi di compost: ACV (Ammendante Compostato Verde), ACM (Ammendante Compostato Misto) e un loro derivato ATC (Ammendante Torboso Composto).

La norma sui fertilizzanti introduce inoltre l'obbligo per il produttore di implementare un sistema di tracciabilità, basato su specifiche registrazioni relative alle materie prime impiegate, alle lavorazioni e al confezionamento, alle cessioni e ai trasferimenti. Le esperienze in campo agricolo legate all'utilizzazione del compost sono state oggetto di valutazione e analisi da parte di molti autori e di molte istituzioni, sia nazionali che comunitarie e internazionali. All'inizio delle attività di utilizzazione, che indicativamente si può collocare intorno agli anni '90, i valori individuati e spesso consigliati sono stati superiori a quelli che ricerche e sperimentazioni successive hanno indicato.

Si è ritenuto opportuno, ai fini di un più corretto inquadramento quantitativo, riportare in forma tabellare una sintesi dei valori suggeriti dalla bibliografia scientifica in merito alle dosi più opportune riscontrate nell'ambito di specifiche sperimentazioni. Si riportano quindi di seguito le indicazioni, suddivise tra grandi colture da pieno campo e colture orticole. Una terza tabella riporta inoltre alcuni valori indicati dagli autori come idonei a mantenere o a migliorare le caratteristiche pedologiche del suolo.

Per motivi di semplicità nell'esposizione, e per fornire informazioni che possano essere di diretto utilizzo anche ai non addetti ai lavori, si riportano i quantitativi in dosi t.q., (tal quale), senza entrare nella descrizione del contenuto in s.s. (sostanza secca), che comunque si colloca, normalmente, tra il 50 e il 70% del t.q.

Grandi colture erbacee, erbai e prati	ARPAV	CD/CIC <sup>(1)</sup>	Veneto Agricoltura	Centemero	Fare Verde	Keding, Mc Collum, Beckwith	Erhart, Hartl, Putz	Hartl, Putz, Erhart
	2007	2006	2001	2007	2004	2003	2005	2003
	(t/ha/anno)							
mais	33	15 – 25	25	25 – 30	25 – 30			
sorgo	28	15 – 25		25 – 30	25 – 30			
barbabietola	21	15 – 25	15	25 – 30	25 – 30			
girasole	21	15 – 20	25	25 – 30	25 – 30			
frumento tenero	23	10 – 15	12	10 – 15	10 – 15	12,8	20	
frumento duro	25	10 – 15	12	10 – 15	10 – 15			
orzo	16	10 – 15	12	10 – 15	10 – 15			
graminacee foraggere	25	15 – 20		25 – 30	25 – 30			20
prati polifiti	60 (*)	15 – 20		25 – 30	25 – 30			
erba medica	60 (*)	15 - 20		25 – 30	25 - 30			

(1) CD/CIC: Coltivatori Diretti/ Consorzio Italiano Compostatori. (\*) nel solo anno di impianto

Orticole da pieno campo	Dugoni, Bertolasi	Dugoni	Erhart, Hartl, Putz	Maynard	Arsia, Agrital Ricerche	Regione Abruzzo	CD/CIC <sup>(1)</sup>	Fare Verde	Veneto Agricoltura	CRPA CRPV <sup>(2)</sup>		
	2006	2006	2005	2005	2006	2007	2006	2004	2001	2003		
	(t/ha/anno)											
lattuga	35 - 50	30				25 - 30	15 - 20	20 - 25				
spinacio	42,5											
patata			20							20		
carota				50						20		
barbabietola da taglio				50							20	
pomodoro da industria					29						25	20
melone												20
aglio											20	
radicchio											20	
asparago											20	

(1) CD/CIC: Coltivatori Diretti/ Consorzio Italiano Compostatori; (2) CRPA: Centro Ricerche Produzioni Animali; CRPV: Centro Ricerche Produzioni vegetali.

Mantenimento idoneo livello sostanza organica nel suolo	Tabaglio	CRA IRPI	CIC Centemero
	2008	2008	2006
	32,5 t/ha	10 t/ha S.O.	19 - 36 t/ha (*)

(\*) il range dipende dal contenuto di S.O. del compost e del suolo.

### 5.1.1 L'impiego del compost sulle colture a pieno campo

Al fine della valorizzazione del compost ogni settore di impiego specialistico richiede un maggior dettaglio di informazioni in funzione delle finalità produttive. Nel caso di impiego su colture di pieno campo si verifica che i parametri più richiesti – e quindi più utilizzati – sono S.O., elementi nutritivi, pH, rapporto C/N e conducibilità, mentre nel caso dei settori delle colture specializzate i parametri più ricercati sono pH, salinità, caratteristiche fisico-idrologiche, contenuto di elementi nutritivi in forma solubile.

#### Granulometria del compost

Dipende dal sistema di distribuzione adottato e dalle modalità di distribuzione.

Il prodotto si può trovare in commercio secondo la seguente classificazione:

- sfuso;
- confezionato;
- pellettato.

Il compost venduto *sfuso* o *confezionato* corrisponde a prodotto vagliato venduto, nel primo caso senza confezionamento, e nel secondo con opportuno imballo che può essere costituito da sacco o big-bag.

Il termine *vagliato* identifica un prodotto che subisce al termine della fase di maturazione un processo di vagliatura, attraverso vagli rotanti o altri sistemi di separazione. Oltre alla possibilità di distinguere diverse frazioni granulometriche e quindi di ridurre le differenti caratteristiche delle particelle costitutive, la vagliatura ha l'indubbio vantaggio di dare luogo a un'ulteriore separazione da inerti non desiderati, aumentando la qualità del prodotto, permettendone una valorizzazione spinta e un apprezzamento commerciale maggiore. Il termine *pellettato* identifica un prodotto che ha subito un

processo industriale di pellettatura, ovvero di estrusione attraverso fori della dimensione massima di 40 mm, più comunemente compresi tra 5 e 20 mm, ottenendo delle strutture cilindriche di lunghezza variabile, che permettono di omogeneizzare il prodotto, di strutturarne in modo da poterlo poi distribuire con comuni attrezzature spandiconcime di larga diffusione nel settore agricolo, costituite da sistemi centrifughi a braccio o a piatto distributore.

Tale ultimo formato è ovviamente il più completo, richiede un prodotto sufficientemente secco e con umidità non superiore al 40%, in quanto nel caso di superamento di tale valore il rischio di sfaldamento delle bricchette (aggregati cilindrici sottoposti a estrusione) è rilevante e può comportare un deterioramento tecnologico del pellet con perdita di valore economico a seguito dello sfaldamento nei sacchi. Ovviamente la vendita del prodotto in sacchi di materiale plastico comporta un incremento degli svantaggi ambientali, in quanto genera incremento di rifiuti soggetti a smaltimento a carico dell'utilizzatore finale (all'incirca 100-130 g di rifiuto per 100 kg di ammendante distribuito, con una incidenza di ca. 25-30 kg/ha; il calcolo si ottiene considerando che, per ettaro, vengono distribuiti 25 t di compost, ovvero  $25000 \text{ kg} / 100 \text{ kg} = 250 \times 130 \text{ g} = 32.500 \text{ g} = 32,5 \text{ kg/ha}$ ). La produzione di rifiuti non è insignificante e costituisce un elemento di valutazione aggiuntiva importante, anche al fine di limitare la proliferazione di materiale indesiderato dovuto a imballi e contenitori.

Nel caso dell'impiego su colture a pieno campo, date le condizioni di intervento e la ridotta redditività delle medesime, i criteri di scelta sono sicuramente orientati in ordine di priorità, verso l'economicità, elemento più determinante, e successivamente verso l'omogeneità fisica e qualitativa del prodotto.

Il prodotto pellettato è certamente il più ambito dal mercato, quello che meglio si presta a una valorizzazione del compost, ma che presenta oneri economici rilevanti che generano minore concorrenzialità rispetto alle frazioni organiche presenti sui mercati alternativi.

Nella tabella seguente vengono riassunti i pregi e i difetti delle varie tipologie di prodotto presente sul mercato.

Tipologie	Pregi	Difetti
<b>Prodotto sfuso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ridotta energia utilizzata per le fasi di confezionamento ed addensamento</li> <li>- Facilità di reperimento sul mercato</li> <li>- Minori costi</li> <li>- Minori rotture di carico in fase di logistica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficoltà sulla catena logistica per scarsa percezione della caratterizzazione qualitativa</li> <li>- Minore valore economico alla vendita</li> <li>- Difficoltà di stoccaggio</li> <li>- Possibilità di cessione orientata verso grandi quantitativi</li> </ul>
<b>Prodotto confezionato</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilità di stoccaggio</li> <li>- Maggiore capacità di riconoscimento economico del mercato per servizi aggiunti</li> <li>- Facilità di distribuzione logistica</li> <li>- L'etichettatura consente una maggiore identità qualitativa del prodotto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maggiori rotture di carico logistico</li> <li>- Maggiori costi per il confezionamento</li> </ul>
<b>Pellettato</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maggiore facilità di identificazione del formato da parte degli utenti agricoli</li> <li>- Packaging più agevole</li> <li>- Facilità di commercializzazione di partite di piccole dimensioni</li> <li>- Facilità di distribuzione meccanica in campo</li> <li>- Facilità di stoccaggio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maggiori costi</li> <li>- Maggiore attenzione agli agenti atmosferici</li> <li>- Necessità di sviluppare una rete di vendita</li> <li>- Maggiore produzione di rifiuti</li> <li>- Oneri di smaltimento delle confezioni</li> </ul>

### Contenuto di sostanza organica e qualità della sostanza organica

Non vi è dubbio che la S.O. costituisce l'elemento di maggior interesse nell'utilizzazione agronomica del compost, e condiziona in maniera diretta e rilevante il quantitativo distribuibile. In effetti, i sistemi più diffusi di calcolo delle quantità di com-

post distribuibile sono legati alla determinazione del quantitativo di S.O., da cui successivamente derivare il quantitativo di compost t.q. da distribuire.

Di seguito si può riportare la metodologia di calcolo (Centemero – L'Informatore Agrario n°40 2002) per la valutazione dei quantitativi di compost sulla base del contenuto di S.O.

### CALCOLARE LA NECESSITÀ DI COMPOST

Facciamo un esempio concreto per calcolare la necessità di compost per 1 ha di suolo.  
Peso specifico del terreno di medio impasto lavorato a 30 cm di profondità: p.s.a. 1,2 t/m<sup>3</sup>

$$\text{Quantità di suolo} = 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 0.3 \text{ m} \times 1.200 \text{ kg/m}^3 = 3.600.000 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Quantità di sostanza organica (2\% s.s.)} = 72.000 \text{ kg}$$

Ipotizzando un coefficiente di mineralizzazione del 2% (suolo franco ricco di scheletro):

$$\text{Quantità di humus mineralizzato} = 72.000 \text{ kg} \times 0.02 = 1.440 \text{ kg/ha}$$

Bilancio di sostanza organica su 1 ha:

$$\text{Necessità di compost per il reintegro della sostanza organica mineralizzata} = 1.440 \text{ kg /s.o.c./K1/U} = 28.800 \text{ kg compost}$$

con: **s.o.c.** = sostanza organica % del compost (50% nell'esempio);  
**K1** = coefficiente isoumico % del compost (20% nell'esempio);  
**U** = umidità % del compost (50% nell'esempio).

(tratto da Centemero – L'Informatore Agrario n° 40/2002)

CONFRONTO TRA ASPORTAZIONI MEDIE ED APPORTI MEDI DI NUTRIENTI CON COMPOST PER LE PRINCIPALI COLTURE ERBACEE DA RINNOVO				
Colture da rinnovo		N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
<b>Mais</b> (resa granella: 10t/ha)	Asportazioni	220-245	95-105	185-210
	Apporti efficienti (dose 33t/ha) con compost	116	243	232
<b>Sorgo</b> (resa granella: 7-8t/ha)	Asportazioni	180-210	70-80	105-120
	Apporti efficienti (dose 28t/ha) con compost	98	120	194
<b>Barbabietola da zucchero</b> (resa: 50-60t/ha)	Asportazioni	135-160	70-85	300-350
	Apporti efficienti (dose 21t/ha) con compost	74	91	147
<b>Girasole</b> (resa granella: 2,5-3,5t/ha)	Asportazioni	125-170	50-70	240-340
	Apporti efficienti (dose 21t/ha) con compost	74	91	147
Cereali autunno-vernini		N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
<b>Fruento tenero</b> (resa granella: 6-7t/ha)	Asportazioni	150-170	60-70	80-95
	Apporti efficienti (dose 23t/ha) con compost	80	98	159
<b>Fruento duro</b> (resa granella: 6-7t/ha)	Asportazioni	160-190	60-70	80-95
	Apporti efficienti (dose 25t/ha) con compost	88	108	174
<b>Orzo</b> (resa granella: 5-6t/ha)	Asportazioni	105-125	50-60	80-95
	Apporti efficienti (dose 16t/ha) con compost	58	71	115
Colture foraggere		N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
<b>Graminacee</b> (resa SS: 10-12t/ha)	Asportazioni	130-215	45-80	190-330
	Apporti efficienti (dose 25t/ha) con compost	86	106	172
<b>Prati polifiti</b> (resa SS: 11-13t/ha)	Asportazioni	300-360	60-70	300-350
	Apporti efficienti (dose 60t/ha) con compost	150	256	415
<b>Erba medica</b> (resa SS: 10-12t/ha)	Asportazioni	270-320	60-75	190-230
	Apporti efficienti (dose 60t/ha) con compost	150	256	415

(Tratto da: Osservatorio Regionale per il compostaggio dell'Arpav - Terra e Vita n°27/2007- modificato)

Sulle colture da pieno campo i quantitativi distribuibili si attestano tra le 20 e le 30 t di compost al 50 % di secco.

Nell'ambito delle principali colture avvicendate si possono riportare le seguenti indicazioni di massima, valide per gli areali di pianura e le zone di massima potenzialità produttiva.

Dal punto di vista qualitativo, non vi è dubbio che è determinante definire le modalità di somministrazione nell'ambito della rotazione adottata.

È noto infatti che non tutte le colture si avvantaggiano alla medesima maniera degli apporti di S.O., e il compost non si sottrae a questa regola.

Da alcune sperimentazioni descritte in bibliografia, si evince, ad esempio, che colture da rinnovo (mais, sorgo, barbabietola, ecc.) si avvantaggiano di apporti in prearatura, mentre i cereali autunno-vernini (frumento, orzo, ecc.) devono prestare particolare attenzione agli incrementi di azoto, onde evitare fenomeni di allettamento.

Nel caso delle foraggere la distribuzione di compost è particolarmente significativa nelle fasi di reimpianto e costituisce un intervento principalmente regolatore, ovvero in grado di dare luogo a un effetto starter e, successivamente, di permettere una regolazione del lento rilascio degli elementi nutritivi grazie all'azione progressiva della sostanza organica.

Un altro elemento importante dipende dalla qualità della concimazione. L'apporto di elementi nutritivi, con 1 t di varie tipologie di compost a confronto con il letame, è riassunto nella seguente tabella.

	Sostanza secca (kg/t t.q.)	Sostanza organica (kg/t t.q.)	N (kg/t t.q.)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t t.q.)	K <sub>2</sub> O (kg/t t.q.)
Letame bovino	250	188	5,0	2,5	7,0
ACV	536	379	8,0	3,7	6,4
ACM	678	507	15,6	12,4	11,4

Valori medi provenienti dalla banca dati sugli ammendanti di A.R.P.A.V. - Osservatorio Regionale per il Compostaggio

Da tale confronto è chiaro che i compost (ACV o ACM), per unità di peso t.q., danno luogo a un apporto superiore di N; mentre l'ACV è del tutto confrontabile con il letame nel caso di P e K, lo stesso non si può affermare per l'ACM che presenta concentrazioni superiori sia di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> che di K<sub>2</sub>O.

Va da sé che le quantità distribuibili dipendono principalmente dalle colture e dalle caratteristiche delle precessioni colturali, anche se un ruolo importante è ricoperto dalla tipologia dell'ammendante e, non ultimo, del suolo su cui vengono eseguite le distribuzioni.

Pertanto, in sintesi, si riportano nelle seguenti tabelle sia le percentuali di azoto mineralizzabile e di riserva, che i dosaggi di compost necessari per il mantenimento della sostanza organica del suolo.

Azoto disponibile a seguito dell'applicazione di compost		
N minerale prontamente disponibile	N mineralizzabile al primo anno	N di riserva
9,4 ÷ 15 %	7,3 ÷ 20 %	65 ÷ 83,3 %

(tratto da Centemero, 2002)

Dosi di compost (t/ha) per il mantenimento della dotazione di sostanza organica nei suoli				
Contenuto in sostanza organica del suolo (% ss)	Dose di compost con contenuto in sostanza organica (% s.s.)			
	35 ÷ 40	40 ÷ 45	45 ÷ 50	50 ÷ 55
<1,5	24 - 31	21 - 27	19 - 24	17 - 22
1,5 ÷ 2,0	32 - 41	28 - 36	25 - 32	23 - 29
>2,0	42 - 51	37 - 45	33 - 40	30 - 36

(tratto da Centemero, 2006)

## Economicità dell'intervento

L'uso del compost ha costituito in passato un'attività che non ha generato rilevanti flussi finanziari a vantaggio dei produttori di questo fertilizzante, in quanto la qualità del prodotto non era tale da consentire un riconoscimento economico.

Solo a partire dagli anni 2000 si sono verificati degli apprezzamenti che hanno consentito di remunerare il prodotto ACV e ACM.

Per la valutazione dell'economicità di utilizzo è possibile effettuare il calcolo del costo per unità fertilizzante sulla base di dati economici forniti dall'Osservatorio Regionale per il Compostaggio dell'ARPAV.

	N (kg/t)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t)	K <sub>2</sub> O (kg/t)	Unità fertilizzanti Totali	Costo fertilizzante (*) (€/t)	Costo fertilizzante (€/t) / Unità fertilizzanti totali	Costo per Unità fertilizzante (€)
<b>ACV</b>	8,0	3,7	6,4	<b>18,1</b>	12,7	12,7/18,1	<b>0,7</b>
<b>ACM</b>	15,6	12,4	11,4	<b>39,4</b>	13,2	13,2/39,4	<b>0,33</b>

(\*) Prezzi riferiti a prodotto sfuso

Dai valori riportati in tabella è possibile notare come il costo per unità fertilizzante è più elevato per ACV, significativamente per il fatto che i titoli degli ACM sono di norma superiori. Appare inoltre evidente che, qualora la valutazione venga effettuata esclusivamente sulla base delle unità di macroelementi apportabili, gli ACM sono più pregiati rispetto agli ACV, anche se è bene sottolineare che l'interesse prevalente per l'applicazione del compost deriva dalla capacità di apportare sostanza organica al suolo. In tal senso, va fatto presente come dosi annue da 17 a 36 tonnellate sono utili al mantenimento di percentuali di sostanza organica dell'ordine di 1-2% nel suolo, e che tale apporto contribuisce a un miglioramento netto nel dilavamento e nella lisciviazione degli elementi nutritivi, soprattutto azotati, quantificabile indicativamente in un 65-80% di azoto di riserva mineralizzabile dopo il primo anno di distribuzione.

Gli aspetti economici sono infine condizionati dalle modalità di distribuzione in campo del compost; nel box successivo si riportano alcuni elementi salienti che consentono di identificare i termini più concreti di paragone tra le diverse tipologie. Si evidenzia come i costi di trasporto aumentano meno che proporzionalmente rispetto alla distanza da percorrere, e come dipendano anche dalla forma di distribuzione commerciale del prodotto: il compost pellettato possiede un costo 8 volte maggiore rispetto al compost sfuso.

## LA DISTRIBUZIONE LOGISTICA DEL COMPOST

Equivalenze economiche:

Distanze (km)	Quantità trasportate (t)	Costo del trasporto (€)	
		ogni tonnellata	Totale
< 20	30	5,0 - 7,0	150 - 210
20 - 40	30	7,0 - 9,0	210 - 270

Indice di costo della unità di peso in tonnellate	Tipologia di prodotto
1,0	sfuso
1,5	confezionato
8,0	pellettato

## 5.1.2 L'impiego del compost in orticoltura a pieno campo

### Economicità dell'intervento

L'utilizzo di compost nelle colture orticole costituisce uno dei segmenti commerciali di maggior interesse, data la concomitanza di due aspetti positivi, ovvero la necessità di sostanza organica da parte di queste colture e la discreta redditività da loro garantita. Conseguentemente la scelta dell'ammendante non è derivata esclusivamente dall'impatto economico sul ciclo produttivo e sul bilancio colturale, ma anche dalla formulazione e dalla richiesta di elementi nutritivi delle singole coltivazioni.

A questo riguardo vale quindi la pena di ricordare che il compost normalmente ha un contenuto di S.O. (sul t.q.) superiore al letame e, dato che il letame è visto come un elemento ammendante essenziale per lo sviluppo e la produzione di orticole a elevato standard qualitativo, ne deriva che anche il compost ha una sua collocazione estremamente interessante che consente di valutare un incremento economico legato a produzioni quantitativamente e qualitativamente superiori.

### Quantità

Le quantità di compost richieste dalle colture orticole si attestano tra 20 e 35 t/ha, in funzione delle diverse colture, delle caratteristiche tessiture del suolo e della percentuale di sostanza organica di fondo. Le epoche di distribuzione sono possibili sia prima delle fasi di semina/trapianto, che successivamente, in copertura; quest'ultima modalità appare però di ridotto interesse perché comporterebbe un rilascio di N troppo lento con un possibile allungamento del ciclo.

Il momento di distribuzione dipende dalla coltura e dalle fasi fenologiche che richiedono elementi nutritivi.

Le concimazioni di pre-impianto comunque sono collocate tra 20 e 35 t (t.q.)/ha per anno, mentre le concimazioni di copertura possono collocarsi tra 10 e 20 t (t.q.)/ha per anno, e la distribuzione può essere realizzata sulle file, in strati di 3-5 cm di spessore, conferendo così anche una finalità pacciamante all'ammendante organico.

COLTURA	QUANTITÀ pre-impianto	QUANTITÀ in copertura
	(t/ha) su t.q.	(t/ha) su t.q.
CAROTA	20	10
BARBABIETOLA DA COSTA	20	10
CIPOLLA	30	10
POMODORO	25	15
LATTUGA	25	15

Come già specificato, scarsa e di ridotto interesse risulta essere la distribuzione in copertura sia per motivi di praticità, sia per il fatto che in queste colture ad alto reddito è necessario curare formulazioni che portino a limitati imbrattamenti del prodotto edule.

In tutti i casi è necessaria l'integrazione con la fertilizzazione minerale, al fine di garantire gli apporti di elementi nutritivi necessari per il buon esito della coltivazione, secondo i piani di fertilizzazione ordinariamente previsti dai disciplinari di produzione seguiti.

### 5.1.3 L'impiego del compost nell'ambito delle Short Rotation Forestry (SRF)

#### Granulometria del compost

Nell'ambito delle SRF, e date le caratteristiche di bassa remunerazione che queste colture consentono, appare del tutto improbabile un utilizzo di prodotti a servizio aggiunto, e quindi si può pensare ad un utilizzo del compost nella formulazione quasi esclusivamente vagliata sfusa. Le altre formulazioni sono infatti eccessivamente onerose per essere utilizzate a pieno campo su tali applicazioni colturali.

Tale valutazione di natura economica si integra con considerazioni di tipo agronomico e di meccanizzazione agraria, in quanto l'attività pacciamante, che non è secondaria rispetto alle esigenze del sistema di coltivazione, si esplica in modo ottimale con materiale sfuso, mentre in modo meno qualificato con materiale pellettato.

#### Il compost nell'ambito delle SRF

Le prerogative di fissazione di CO<sub>2</sub> insite nelle coltivazioni SRF consentono di aggiungere una importante tessera alla salvaguardia ambientale nel momento in cui anche le concimazioni vengono effettuate con l'utilizzo di ammendanti organici in grado di incrementare la dotazione di sostanza organica di elevata stabilità, ovvero caratterizzata da presenza di percentuali rilevanti di acidi fulvici e umici.

La distribuzione del compost può essere eseguita in concomitanza con le lavorazioni di fondo nelle fasi di pre-impianto, quindi con assenza di coltura, alle dosi di 25–35 t/ha, e successivamente può essere eseguita in copertura:

- con cadenza biennale/triennale, subito dopo la ceduzione, alla dose di 20-30 t/ha;
- con cadenza annuale, effettuando una pacciamatura sulla fila, con uno strato di 10-15 cm per una fascia di ampiezza indicativamente di 80 cm, per un quantitativo indicativo di 10-15 t/ha.

Nel primo caso, pur con una distribuzione temporalmente discontinua in quanto realizzata ad anni alterni, la modalità distributiva appare più facilmente meccanizzabile e a favore di un'uniformità rilevante, stante la disponibilità di una superficie libera da vegetazione.

Nel secondo caso la distribuzione è certamente più difficile, rischia di creare lesioni alle branche delle piante, soprattutto se attuata con mezzi distributori da pieno campo di notevole capacità, anche se le modalità di distribuzione portano a maggior uniformità sulla fila e a un effetto positivo pacciamante che limita la vegetazione infestante e in competizione con i giovani ricacci provenienti dai calli cicatriziali provocati dalle ceduzioni. In entrambi i casi è op-

portuno valutare la distribuzione di prodotto sfuso, mentre il fattore economico appare limitare pesantemente l'utilizzo di prodotto pellettato, che peraltro comporterebbe un'azione pacciamante molto ridotta.

#### Economicità dell'intervento

L'utilizzo di compost nelle SRF costituisce uno dei segmenti commerciali oggi in fase di maggior analisi e riflessione, dato il rilevante interesse ambientale di queste colture e l'attenzione che gli strumenti finanziari, legati allo sviluppo rurale e sostenibile, hanno riservato loro.

Le caratteristiche di tali colture permettono di differenziarne il comportamento rispetto a quanto indicato per le colture erbacee e orticole, in quanto, nel loro ciclo colturale, è possibile immaginare un apporto di elementi nutritivi realizzato senza integrazioni minerali di sintesi. In questo caso però le consistenti quantità richieste sotto l'aspetto degli apporti nutritivi (e oggi sperimentate con dosi non inferiori a 50-60 t/ha) mettono a repentaglio l'economicità delle operazioni. La capacità operativa in questi casi può scendere al di sotto di 0,2 ha/h, rendendo economicamente improponibile l'integrazione con tale matrice effettuata nell'ambito di queste colture. In ogni caso, le epoche di distribuzione del compost incidono in modo rilevante sull'aspetto economico; nel caso di colture arboree, infatti, la distribuzione può essere fatta in fase di pre-impianto e in fase di copertura, con vegetazione presente. In fase di concimazione di fondo è opportuno che la distribuzione venga effettuata a pieno campo, anticipatamente rispetto alle operazioni di impianto per evitare gli effetti negativi del calpestamento sulla ottimale preparazione del letto di trapianto; nelle fasi di copertura le differenze più significative e legate ai costi dipendono dall'impiego localizzato dell'ammendante lungo le file o distribuito a tutto campo. Nel caso della distribuzione localizzata occorrono mezzi di ridotte dimensioni che garantiscano buona capacità di manovra tra le file, generando così un limitato effetto deriva e ottenendo allo stesso tempo un ottimo effetto pacciamante; la dimensione del mezzo dipende dalla presenza o meno di vegetazione, che nel caso delle SRF si identifica con fasi di distribuzione pre o post ceduzione periodica.

Nel caso di distribuzione a pieno campo, caratterizzata da una minore omogeneità di lancio è necessario che la medesima venga realizzata in assenza di vegetazione, e quindi nelle fasi post ceduzione che, normalmente, nella pianura padana si identificano con la stagione tardo invernale. In questo caso la dimensione dei mezzi impiegati può generare maggiori economie del cantiere di distribuzione, anche se la localizzazione può utilizzare minori quantitativi distribuiti in funzione della maggior concentrazione del prodotto sulla fila.

#### Quantità

Nel caso dello SRF le esperienze effettuate permettono di distinguere quattro modalità di intervento in funzione delle epoche di distribuzione e delle scelte colturali adottate così come riportate nel seguente box.

TIPO DI IMPIEGO	DOSE E TECNICA DI APPLICAZIONE	BENEFICI
Fertilizzazione preimpianto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50-100 t/ha</li> <li>- Applicazione in superficie a pieno campo e interramento con le lavorazioni convenzionali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reintegrazione della sostanza organica</li> <li>- Interramento di elementi nutritivi poco mobili (P e K)</li> </ul>
Fertilizzazione in copertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40-60 t/ha ogni 2-3 anni</li> <li>- Applicazione in superficie a pieno campo o localizzata nel sottofilare, con o senza interramento mediante le lavorazioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reintegrazione della sostanza organica</li> <li>- Restituzione degli elementi nutritivi asportati con le produzioni</li> <li>- Mantenimento di un adeguato equilibrio vegeto-produttivo</li> </ul>
Pacciamatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 30-100 t/ha ogni 2-3 anni</li> <li>- Distribuzione localizzata nel sottofilare: distribuire uno strato di compost per ca. 4-6 cm di spessore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controllo delle infestanti</li> <li>- Miglioramento del bilancio idrico e riduzione delle escursioni termiche</li> <li>- Restituzione degli elementi nutritivi asportati con le produzioni</li> </ul>
Applicazione in buca di piantagione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5-20 t/ha in funzione del sesto di impianto</li> <li>- Applicazione direttamente a contatto con gli apparati radicali al momento dell'impianto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorire l'attecchimento</li> <li>- Migliorare l'ambiente edafico intorno alle radici</li> </ul>

(tratto da Centemero)

## 5.2 CARATTERISTICHE DELLA SPERIMENTAZIONE

Nell'ambito del progetto "Utilizzo del compost di qualità in agricoltura e sperimentazione tecnica ed economica finalizzata alla riduzione dei concimi azotati tradizionali" sono state avviate e condotte tre azioni di approfondimento di alcuni aspetti relativi alle caratteristiche di risposta produttiva su alcune colture che interessano le rotazioni attuate in Veneto, nelle aziende a colture estensive e specializzate.

Le principali attività di sperimentazione sono state condotte su colture orticole e su colture estensive.

In particolare, per quanto riguarda le colture erbacee e arboree, le prove sono state eseguite su frumento, mais, girasole e SRF, mentre, per quanto riguarda le colture orticole, le prove sono state eseguite su pomodoro da industria, radicchio, spinacio, fagiolo borlotto, fagiolino e barbabietola da costa. Parallelamente a tali sperimentazioni si è condotta una ricerca sulla meccanizzazione e razionale logistica del cantiere di distribuzione per mais, frumento e SRF.

### 5.2.1 Sperimentazione su colture erbacee

L'attività di studio è consistita nello studio del compost come fertilizzante azotato su alcune delle maggiori colture erbacee estensive (frumento, mais, girasole).

#### 5.2.1.1 Le prove

Le prove realizzate hanno previsto l'impiego di:

- 4 matrici compostate, di diversa origine, su colture erbacee in pieno campo;
- 4 matrici compostate, di diversa origine, su colture erbacee in lisimetro.

Le prove di pieno campo sono state condotte, con data di inizio ottobre 2006, presso l'Azienda Pilota e Dimostrativa "Sasse Rami", di Veneto Agricoltura, su 12 appezzamenti di

superficie variabile tra 0,52 ha e 1 ha, per un'area complessiva di 8,14 ha. Le colture studiate sono il mais e il frumento. Le prove in lisimetro sono state condotte, a partire dal 31 marzo 2006, presso l'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo", su 48 lisimetri aperti. Tali lisimetri hanno un'area di 4 m<sup>2</sup> (2m x 2m) e sono disposti 1,5 m sopra il piano di campagna. Un sistema micro-lisimetrico, installato su 16 lisimetri, permette il monitoraggio dell'acqua di percolazione. Le colture su cui sono state effettuate le prove di fertilizzazione sono mais, frumento e girasole.

Le matrici compostate, impiegate nelle suddette prove, derivano da cinque delle maggiori aziende compostatrici presenti sul territorio regionale veneto. I materiali di partenza compostati sono quelli più comunemente riscontrati nel compostaggio nazionale e sintetizzati nella tabella che segue.

Origine	Prodotto
Residui di potatura e sfalci	Compost Verde (V)
Raccolta differenziata comunale	FORSU (FO)
Impianti di depurazione biologica dei reflui civili	Fanghi di reflui civili (FA)
Impianti di depurazione biologica dei reflui dell'industria alimentare	Fanghi agroindustriali (A)

### Prove di pieno campo nell'azienda "Sasse Rami" di Ceregnano (RO)

Nel sito sono presenti 6 tesi distinte in base alla fonte di fertilizzazione azotata e alla modalità di applicazione. Su queste tesi ricadono 2 gruppi da 6 appezzamenti con ciclo colturale differente:

- su 6 appezzamenti: 2006-7 frumento e 2008 mais;
- su altri 6 appezzamenti: 2007 mais e 2007-8 frumento.

- I compost utilizzati provengono dalle seguenti matrici:
- verde (V);
  - verde + fanghi di depurazione civile (FA);
  - verde + FORSU + altro (A), dove "altro" rappresenta una frazione pari al 10% di fanghi agroindustriali.
  - FORSU + verde

#### Tesi

- 1) Concimazione minerale (MIN)
- 2) Concimazione solo da compost (V+FO+A)
- 3) Concimazione solo da compost (V)
- 4) Concimazione ½ minerale ½ compost (1/2MIN + 1/2V)

- 5) Concimazione ½ minerale ½ compost (1/2MIN + 1/2V+FA)
- 6) Concimazione ½ minerale ½ compost (1/2MIN + 1/2V+FO+A)

In tutte le tesi fertilizzate, è stata apportata la medesima dose di azoto, indipendentemente dalla fonte utilizzata. Il livello di azoto previsto su mais è stato pari a 250 kg/ha, per il frumento la dose di azoto impiegata è stata pari a 150 kg/ha. Le dosi di compost distribuite sono state determinate in relazione al titolo di azoto e all'umidità della matrice. Nella tesi fertilizzata solo con azoto minerale, la dose è stata frazionata, distribuendola in due fasi differenti.

Ubicazione della sperimentazione	Scala	Culture	Matrici di origine dei compost impiegati	Data inizio
Azienda Pilota e Dimostrativa "Sasse Ramì" (Ceregnano, RO)	Pieno campo	mais, frumento	- Fanghi+verde, - FORSU+verde+altro(*) - Verde - FORSU+verde	ottobre 2007
Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" (Legnaro, PD)	Lisimetro	mais, frumento girasole	- Fanghi+verde - FORSU+verde+altro (*) - Verde - FORSU+verde	marzo 2006

(\*) "altro" rappresenta una frazione pari al 10% di fanghi agroindustriali

#### Modalità di applicazione del compost

Si è voluto verificare la risposta del terreno a due gestioni differenti:

- inversione degli strati attuata con aratro polivomere a 40 cm di profondità;
- non inversione degli strati attraverso l'uso di un coltivatore pesante.

Per permettere il confronto delle due modalità di applicazione tutti gli appezzamenti coltivati con compost sono stati

suddivisi a metà longitudinalmente.

In un gruppo di parcelle si sono eseguite due differenti lavorazioni con distribuzione del compost a ottobre in preparazione della semina del frumento, mentre nell'altro si sono eseguite contemporaneamente le lavorazioni superficiali con distribuzione del compost, per la semina successiva del mais.

L'anno successivo gli appezzamenti a mais sono stati coltivati a frumento e viceversa.

Mais 2006				
Tesi	Sigla	Dose compost (t/ha)	N tot (kg/ha)	Fase di distribuzione
1/2 Etra Vigonza +1/2 Min	1/2 V+FA + 1/2 Min	11.5	250	Alla semina
1/2 Agrinord +1/2 Min	1/2 V+FO+A + 1/2 Min	7.2	250	Alla semina
1/2 Bertuzzo + 1/2 Min	1/2 V + 1/2 Min	9.3	250	Alla semina
1/2 Sesa +1/2 Min	1/2 FO+V + 1/2 Min	7.0	250	Alla semina
Agrinord	V+FO+A	14.4	250	Alla semina
Bertuzzo	V	18.7	250	Alla semina
Minerale	M	0	250	½ alla semina ½ in copertura
Testimone	T	0	0	-

Nel 2006 la coltura monitorata è stata il mais, seminata a fine aprile e raccolta i primi di ottobre; le pratiche di gestione colturale sono state improntate sul principio di buona pratica agricola.

La distribuzione delle matrici compostate è avvenuta alla semina, mentre nella tesi con sola fertilizzazione minerale, metà della dose è stata distribuita in copertura. Le dosi sono state calcolate in base alle concentrazioni di azoto di ciascun compost e all'umidità relativa della matrice. Ad inizio e fine raccolta sono stati prelevati i campioni di terreno per l'analisi di azoto totale e nitrico (ad inizio prova) e solo azoto nitrico a fine prova.

## Frumento 2006-2007

Tesi	Sigla	Dose compost (t/ha)	N tot (kg/ha)	Fase di distribuzione
1/2 Etra Vigonza +1/2 Min	1/2 V+FA+ 1/2 Min	5.0	150	Alla semina
1/2 Agrinord +1/2 Min	1/2 V+FO+A +1/2 Min	4.4	150	Alla semina
1/2 Bertuzzo + 1/2 Min	1/2 V + 1/2 Min	6.4	150	Alla semina
1/2 Sesa +1/2 Min	1/2 FO+V +1/2 Min	5.1	150	Alla semina
Agrinord	V+FO+A	8.8	150	Alla semina
Bertuzzo	V	12.8	150	Alla semina
Minerale	M	0.0	150	1/2 alla semina 1/2 in copertura
Testimone	T	0	0	-

Nel 2007 la coltura monitorata è stato il frumento, seminato ai primi di novembre e raccolto in maggio. Le pratiche di gestione colturale sono state improntate al principio di buona pratica agricola. La concimazione con il compost è avvenuta alla semina, mentre nella tesi con sola fertilizzazione minerale, metà della dose è stata distribuita in copertura. Le dosi sono state calcolate in base alle concentrazioni di azoto caratteristiche del compost e all'umidità relativa della matrice. Tutti i cassoni hanno ricevuto una concimazione di base pari a 200 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 200 kg/ha di K<sub>2</sub>O. L'azoto è stato fornito in tutte le parcelle, escluso il testimone, in dose pari a 250 kg/ha.

## Girasole 2008

Tesi	Sigla	Dose compost (t/ha)	N tot (kg/ha)	Fase di distribuzione
1/2 Etra Vigonza +1/2 Min	1/2 V+FA+ 1/2 Min	6.9	150	Alla semina
1/2 Agrinord +1/2 Min	1/2 V+FO+A +1/2 Min	3.9	150	Alla semina
1/2 Bertuzzo + 1/2 Min	1/2 V + 1/2 Min	7.8	150	Alla semina
1/2 Sesa +1/2 Min	1/2 FO+V +1/2 Min	5.8	150	Alla semina
Agrinord	V+FO+A	7.8	150	Alla semina
Bertuzzo	V	15.5	150	Alla semina
Minerale	M	0	150	1/2 alla semina 1/2 in copertura
Testimone	T	0	0	-

Nel 2008 si è studiato l'impiego del compost su girasole, seminato il 28 aprile 2008. Le pratiche di gestione colturale sono state improntate sul principio di buona pratica agricola. La concimazione con compost è avvenuta alla semina, mentre nella tesi con sola fertilizzazione minerale, metà della dose è stata distribuita alla semina e metà in copertura. Le dosi sono state calcolate in base alle concentrazioni di azoto caratteristiche del compost e all'umidità relativa della matrice.

Tutti i cassoni lisimetrici hanno ricevuto una concimazione di base pari a 200 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 200 kg/ha di K<sub>2</sub>O. L'azoto è stato fornito in tutte le parcelle, escluso il testimone, in dose pari a 150 kg/ha.

### Prove in lisimetro nell'Azienda Sperimentale "Lucio Toniolo" di Legnaro (PD)

Lo schema statistico disegnato è stato completamente randomizzato, con due ripetizioni e 8 tesi di cui due definiscono gli estremi del range di concimazione, ovvero testimone non fertilizzato e tesi fertilizzata solo con azoto minerale, all'interno del quale ricadono le osservazioni; quattro tesi in cui metà della concimazione azotata è fornita in presemina con fertilizzante minerale e metà tramite il compost; due tesi in cui l'unica fonte di azoto è rappresentata da una matrice compostata apportata in presemina.

#### Tesi

- 1) Concimazione con N minerale (MIN);
- 2) Concimazione 1/2 minerale 1/2 compost [1/2 MIN + 1/2 V];
- 3) Concimazione 1/2 minerale 1/2 compost [1/2 MIN + 1/2 (V+FA)];
- 4) Concimazione 1/2 minerale 1/2 compost [1/2 MIN + 1/2 (V+FO)];
- 5) Concimazione 1/2 minerale 1/2 compost [1/2 MIN + 1/2 (V+FO+A)];
- 6) Concimazione solo da compost (V);
- 7) Concimazione solo da compost (V+FO+A);
- 8) Testimone non fertilizzato (T).

Ciascuna tesi ha previsto 6 ripetizioni, di cui 2, monitorate con sistema micro-lisimetrico per l'analisi dell'azoto nell'acqua di percolazione.

#### 5.2.1.2 Campionamento e analisi di laboratorio

In tutte le prove sono stati previsti campionamenti sulla biomassa totale e sulle concentrazioni azotate, a fine di ciascun ciclo colturale, per poter calcolare un bilancio azotato. In tal senso sono stati eseguiti campionamenti del terreno, a due diverse profondità (0-20 e 20-50 cm), e si sono analizzate la concentrazione di carbonio organico, la concentrazione dell'azoto totale (a inizio della sperimentazione) e quella dell'azoto nitrico a inizio e fine di ciascun ciclo colturale.

In lisimetro sono stati prelevati alcuni campioni di acqua di percolazione per successive analisi, volte ad accertare l'eventuale rischio di rilascio di nitrati in falda a seguito dell'applicazione del compost.

Sulla coltura di girasole è stata effettuata una misura con strumento ottico Crop-Circle, volta a individuare differenze nello stato nutrizionale della coltura.

In particolare, sulla prova in lisimetro sono stati prelevati 96

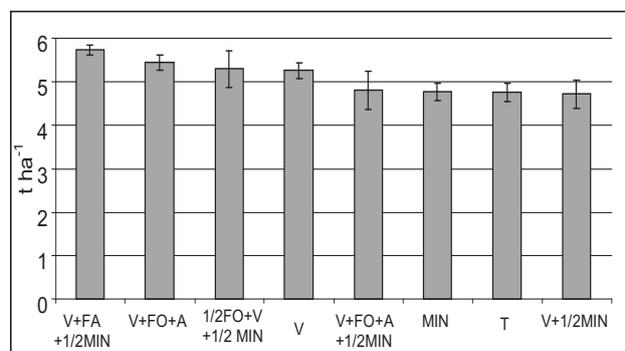
campioni di terreno a inizio e fine della prova (prima della semina del mais e fine coltura girasole), sui quali è stata eseguita l'analisi della concentrazione di azoto totale, azoto nitrico e sostanza organica, per un totale di 576 analisi. Oltre a queste, alla fine del ciclo di ciascuna coltura, mais e frumento, sono stati prelevati 96 campioni analizzati per le concentrazioni di N-NO<sub>3</sub>, per un totale di altre 192 analisi. Per i campioni colturali si sono prelevati a fine ciclo colturale 48 campioni del prodotto utile (granella, seme) e del resto della pianta (paglia o stocchi o residui) per un totale di 288 campioni. I campioni di paglia, stocchi e granella per ciascuna coltura sono stati riuniti in campioni medi per tesi, ed è stata analizzata la loro concentrazione di azoto totale. Nella prova di pieno campo sono stati prelevati 6 campioni di terreno, a due profondità (0-20 e 20-50 cm), per ciascuna delle 12 parcelle, per un totale di 144 campioni a inizio e fine prova. Su questi campioni si è effettuata l'analisi di azoto nitrico, azoto totale e sostanza organica, per un totale di 864 analisi. Alla fine del ciclo del frumento e del mais, per due anni, sono stati prelevati in tutto altri 288 campioni, analizzati per le concentrazioni di N-NO<sub>3</sub>.

Per i campioni colturali si sono prelevati a fine ciclo colturale 36 campioni di granella e paglia o stocchi, sia per il mais che per il frumento, per un totale di 72 campioni all'anno, e 144 nell'intera prova. I campioni di paglia, stocchi e granella per ciascuna coltura sono stati riuniti in campioni medi per tesi, ed è stata analizzata la loro concentrazione di azoto totale.

### 5.2.1.3 Risultati prove a pieno campo Frumento 2006-2007

Le prove condotte su frumento nel 2006-7 evidenziano una risposta produttiva che sembra essere favorita dalla concimazione con compost rispetto a esclusivamente minerale. Le rese sono inferiori ai 6 t/ha. La tesi V ha assicurato le rese significativamente maggiori. La lavorazione superficiale con distribuzione anticipata del compost rispetto alla semina assicura in media produzioni superiori (4,8 t/ha) rispetto all'aratura (3,2 t/ha).

**Figura 5.2** - Rese in granella frumento 2006-7 espresse in t/ha



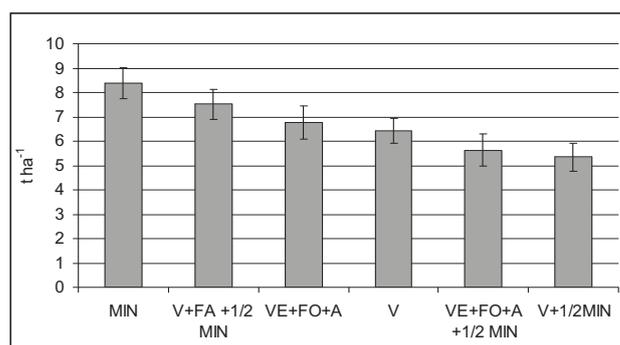
Le concentrazioni nella granella di azoto totale variano da un minimo del 1,89% (nella tesi V+FA + 1/2 MIN) fino a un massimo 2,32% (nella tesi V+1/2MIN con aratura).

### Mais 2007

Dalla prova su mais 2006 risulta che il tipo di fertilizzazione rappresenta un fattore significativo sulle rese medie, mentre non risulta significativo il tipo di lavorazione, né sono presenti interazioni tra i due fattori. La tesi minerale ha assicurato le maggiori rese (8,4 t/ha) assieme a quella fertilizzata con compost misto e azoto minerale (1/2V+FA+1/2MIN). Le rese minime si sono ottenute con la tesi fertilizzata con compost verde e azoto minerale (V+1/2MIN).

La fertilizzazione con diverse tipologie di compost in combinazione o meno con azoto minerale non influenza significativamente la concentrazione di N tot della granella.

**Figura 5.3** - Rese in granella mais 2007

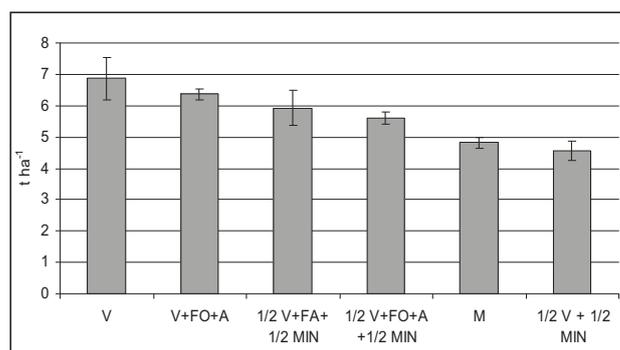


Le concentrazioni nella granella di azoto totale su sostanza secca variano da un minimo del 1,51% nella tesi V+FA + 1/2 MIN, fino ad un massimo 1,78%, nella tesi MIN.

### Frumento 2007-2008

Le rese maggiori si sono ottenute nelle tesi V e V+FO+A, con 6,9 t/ha, mentre quelle più basse nella tesi 1/2 V + 1/2 MIN con 4,5 t/ha. Le differenze di resa media tra gli appezzamenti arati e quelli ripuntati sono minime e non significative: rispettivamente 5,6 e 5,8 t/ha.

**Figura 5.4** - Rese in granella frumento 2007-8



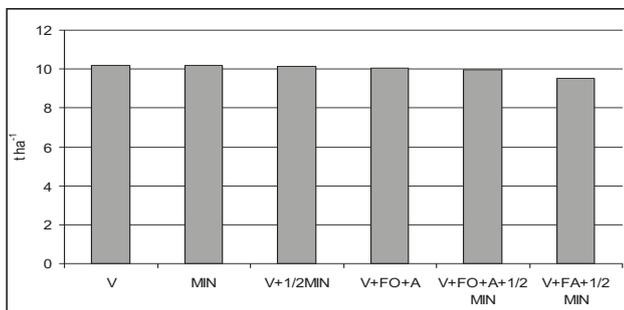
Le concentrazioni di azoto totale nella granella sono risultate maggiori nella tesi minerale (MIN) con 2,14% s.s., mentre il valore inferiore è risultato 1,8% s.s. nella tesi V+FO+A.

### Mais 2008

Nella prova di mais 2008 si sono raggiunte rese massime di 10,2 t/ha ottenute nella tesi fertilizzata esclusivamente con

compost da residui verdi (V) e nella tesi a fertilizzazione minerale (MIN). Le rese inferiori si sono raggiunte con la tesi 1/2V+FA+1/2 MIN (10 t/ha). Il range di rese è molto ridotto, non sono quindi presenti differenze significative tra le tesi.

**Figura 5.5** - Rese in granella mais 2008



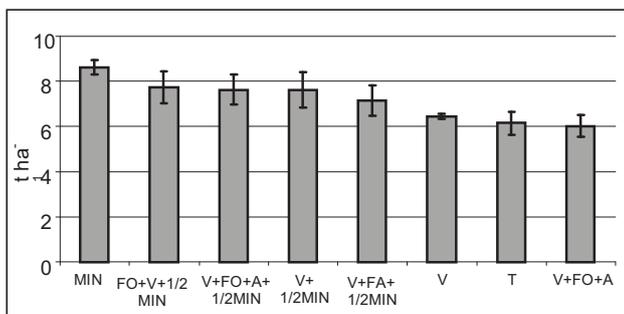
Le differenze tra le tesi arate e quelle ripuntate non sono significative.

Anche le concentrazioni di azoto nella granella hanno seguito il trend delle rese: maggiori concentrazioni nelle tesi da residui verdi (V) e nella tesi a fertilizzazione minerale (MIN) (1,93% s.s.), valori minimi nella tesi 1/2V+FA+1/2 MIN (1,54 % s.s.).

### 2.2.1.4 Risultati prove di lisimetro Mais 2006

Nelle rese in granella del mais 2006, sono evidenti differenze statisticamente significative tra le varie tesi. I valori sono compresi in un range tra un massimo di quasi 90 q/ha e un minimo di circa 60 q/ha.

**Figura 5.6** - Rese in granella mais 2006

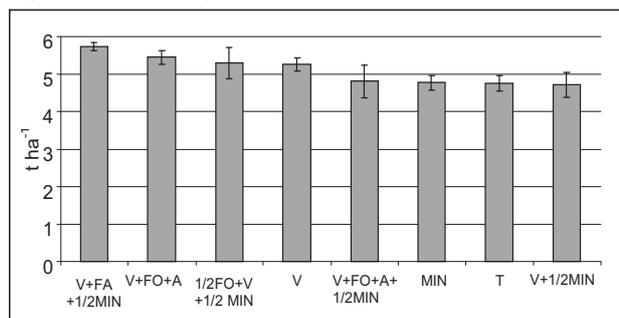


Le rese maggiori si sono ottenute sulla tesi fertilizzata solo con azoto minerale. Le tesi fertilizzate con compost e frazione minerale presentano rese intermedie tra quelle della tesi minerale e quelle delle tesi in cui l'unica fonte azotata è rappresentata dal compost. Queste ultime non presentano rese statisticamente differenti rispetto al testimone non fertilizzato. Questo fa supporre che il rilascio azotato delle matrici compostate durante il periodo colturale sia stato insufficiente all'ottima resa produttiva.

### Frumento 2006-2007

Le rese maggiori sono state ottenute nella tesi 1/2V+FA+1/2MIN (5,7 t/ha), quelle minori derivano dalla tesi 1/2V+1/2MIN, nonché dal testimone non fertilizzato.

**Figura 5.7** - Rese in granella frumento 2006-7 espresse in t/ha



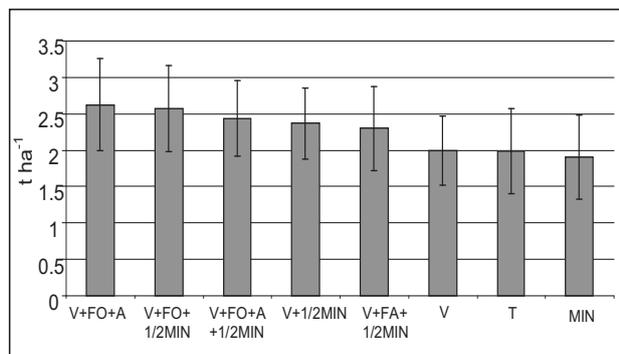
Le rese in granella non risultano statisticamente differenti tra le varie tesi.

Le concentrazioni di azoto nella granella sono comprese tra 0,7 % s.s. di V e 0,3% s.s. di 1/2V+1/2MIN.

### Girasole 2008

Le rese nel girasole presentano una forte eterogeneità legata alle fallanze per attività di volatili.

**Figura 5.8** - Rese in seme girasole 2008 espresse in t/ha



Le rese variano tra un massimo di 2,6 t/ha della tesi V+FO+A e 1,9 t/ha della tesi minerale, tuttavia non vi sono differenze statisticamente significative.

### Concentrazioni di N-NO<sub>3</sub> nelle acque di percolazione 2008

Le concentrazioni più elevate nelle acque di percolazione sono risultate nelle tesi 1/2V+FA+1/2 MIN e 1/2V+1/2 MIN con valori medi pari a 25 ppm, le altre tesi presentano concentrazioni simili comprese tra 5 e 9 ppm.

Tesi	N-NO <sub>3</sub> (ppm)
1/2 V+FA + 1/2 MIN	25,7
1/2 V + 1/2 MIN	24,8
V	13,5
V+FO+A	8,7
T	7,9
1/2 FO+V + 1/2 MIN	6,8
MIN	6,7
1/2 V+FO+A	5,6

## 5.2.2 Sperimentazione su colture orticole

L'attività svolta nell'ambito del progetto ha previsto l'impostazione e la conduzione di prove sperimentali allo scopo di verificare la possibilità di utilizzo nell'orticoltura di pieno campo di compost derivante da FORSU.

### 5.2.2.1 Prove sperimentali condotte nell'anno 2007

Sulla base di quanto emerso dall'indagine bibliografica e dallo studio preliminare del progetto, è stato deciso di attuare prove sperimentali su terreni con condizioni pedologiche e successioni colturali differenti:

terreno	località	successioni
argilloso/limoso	Legnaro (PD)	- pomodoro da industria - spinacio autunnale/invernale
sabbioso	Chioggia (VE)	- radicchio rosso di Chioggia (monosuccessione)

Il presupposto di base sul quale sono poi state ideate le prove sperimentali era quello di valutare la distribuzione di compost in funzione di una sostituzione totale o parziale della concimazione minerale tipica. La sostituzione del fertilizzante minerale è stata effettuata stimando gli apporti dei principali macronutrienti (N, P e K), ma facendo poi riferimento solo al contenuto di azoto. Per quanto riguarda P e K, tali elementi sono stati di volta in volta integrati con apporti mirati in modo da ottenere sempre la parità delle dosi distribuite.

Le prove sono state ideate in modo da poter valutare gli effetti nutritivi del compost sulle orticole e le implicazioni ambientali legate al suo utilizzo.

Entrambe le prove sono state condotte con unità sperimentali piuttosto grandi al fine di massimizzare l'effetto della distribuzione del compost e di ottenere risultati il più simile possibile a quanto realmente avviene in campo.

### 5.2.2.2 Considerazioni alla fine del primo anno di sperimentazione

Sulla base dei risultati ottenuti al termine del primo anno di prova si possono trarre alcune conclusioni preliminari relativamente all'utilizzo del compost in orticoltura. Innanzitutto è bene sottolineare che gli esiti della ricerca sono da riferire all'utilizzo di una determinata tipologia di compost (ACM proveniente da FORSU) con caratteristiche qualitative ottimali: il contenuto di nutrienti e la quantità di sali prontamente rilasciati o legati alla matrice organica non erano tali da creare preoccupazioni se non, eventualmente, in terreni già caratterizzati da pessime condizioni chimico-fisiche; anche il contenuto in metalli pesanti, tanto temuto dall'opinione pubblica e dagli agricoltori, si è rivelato molto contenuto se non assente.

Per quanto riguarda le singole prove, nel caso del **pomodoro**, per le produzioni unitarie di bacche totale e mature, nel testimone T0 si è riscontrato il quantitativo apparentemente più elevato. Le tesi con dosi crescenti di compost non hanno differenziato le rese tra loro e nei confronti del testimone minerale (TM). Lo scarto, rappresentato da bac-

che marce e non mature, è parso tendenzialmente aumentare con le dosi crescenti di compost che hanno evidenziato incrementi del 23,5 e del 32,3% passando da T50 a T100 e T200 rispettivamente. Non molto diversi sono risultati i valori dei testimoni. Il peso più elevato della parte aerea della pianta, riscontrato in corrispondenza di T50, permette di affermare che la distribuzione di N sotto forma organica e minerale sembra essere la più idonea al suo accrescimento.

Per quanto riguarda lo **spinacio**, T200, T0 e TM hanno fornito le produzioni totale e commerciabile più consistenti. Molto modeste sono parse le concentrazioni di nitrati nel prodotto commerciabile nonostante l'elevata capacità di accumulo di questa specie, e i valori più bassi si sono riscontrati nelle tesi trattate con compost. In quest'ultimo caso infatti, è verosimile che i microorganismi coinvolti nella degradazione della sostanza organica abbiano svolto un consistente ruolo competitivo nel limitare la presenza, per la pianta, di azoto minerale nel terreno.

Nel caso del **radicchio "Rosso di Chioggia"**, visto il tipo di terreno (sabbioso) sul quale è stata condotta l'esperienza, non stupiscono i migliori risultati ottenuti con la concimazione minerale. Nonostante ciò, le tesi trattate con compost hanno evidenziato, rispetto a TM, una riduzione non molto consistente della produzione, risultata infatti inferiore a 100 g per la pianta intera e a 50 g per il grumolo. La percentuale di scarto è parsa più elevata nel testimone T0 e più bassa in TM, con valori simili a quello riscontrato per le tesi con compost. Dai risultati scaturiti da questa esperienza appare chiaro che non può essere espresso un giudizio univoco. Tuttavia, in termini generali, sembra possibile riconoscere l'utilità del compost di qualità quando abbinato alla fertilizzazione minerale soprattutto in particolari tipi di terreno. Infatti se le quantità di azoto normalmente distribuite alle principali colture orticole di pieno campo viene apportata con solo compost, questa strategia non garantisce il raggiungimento dei migliori risultati produttivi. Nel caso di terreni poco fertili (es. sabbiosi), la verosimilmente rapida mineralizzazione della matrice organica non permette la razionale nutrizione della coltura. In questa situazione bisogna inoltre tenere conto che si induce un'elevata variabilità dei risultati produttivi legata essenzialmente alla non omogenea presenza di nutrienti nella zona radicale. Nel caso di un terreno molto fertile invece, l'aggiunta di elevate dosi di compost sembra stimolare la fase vegetativa delle piante con conseguente ritardo nella maturazione, che risulta anche maggiormente scalare soprattutto nel caso di ortaggi da frutto. In condizioni di elevata fertilità potrebbero poi verificarsi consistenti fenomeni di percolazione e perdita di nutrienti, soprattutto per l'azoto nitrico. Sulla base dei risultati attuali sembra possibile consigliare l'utilizzo di compost in dosi anche abbastanza elevate ma solo con funzione di ammendante del terreno e possibilmente accompagnate da strategie agronomiche miranti al contenimento della lisciviazione dei macronutrienti quali la coltivazione di specie a ciclo autunnale o autunno-vernino o la coltivazione di specie da sovescio (cover crops).

## PROVA: POMODORO DA INDUSTRIA

Materiali e metodi								
<b>varietà</b>	"Perfectpeel"							
<b>tesi</b>	Quantitativi di nutrienti e loro forma apportati ad ogni trattamento							
	Tesi	Compost (q/ha)	Apporti N (kg/ha)		Apporti P (kg/ha)		Apporti K (kg/ha)	
			m.o.	min.	m.o.	min.	m.o.	min.
	T 0	0	0	0	0	0	0	0
	T M	0	0	150	0	100	0	100
	T 50	65	75	75	16	84	25	75
	T 100	130	150	0	33	67	50	50
T 200	260	300	0	66	34	100	0	
<small>m.o. = apporto di nutrienti tramite materia organica min. = apporto di nutrienti tramite fertilizzanti di sintesi</small>								
<b>parcelle utilizzate</b>	500 m <sup>2</sup> disposte a blocchi randomizzati							
<b>substrato di coltivazione</b>	Franco-limoso							
<b>trapianto</b>	data	21 maggio 2007						
	modalità	File binate, distanza tra le bine 180 cm, tra le bine 40 cm e sulla fila 25 cm con pacciamatura nera sulle bine e manichetta per l'irrigazione tra le due file di piante						
<b>irrigazione</b>	Effettuata al bisogno							
<b>trattamenti</b>	2 antiperonosporici durante il ciclo colturale							
<b>raccolta</b>	10 agosto 2007							
Risultati								
<b>Caratteristiche principali indagate con la ricerca</b>		<b>Esito</b>			<b>Considerazioni necessarie</b>			
Compost	Caratteristiche agronomiche del compost (indagine analitica)	Compost caratterizzato da stabilità chimica e con composizione adeguata allo specifico utilizzo in campo.						
Produzioni vegetali	Produzioni totali (kg/m <sup>2</sup> )	Nessuna differenza significativa tra le tesi (18-22 kg/m <sup>2</sup> ).			Le quantità ottenute corrispondono a valori elevati ed in linea con quelle ottenute in zona.			
	Produzione di bacche totali (n/m <sup>2</sup> )	Nessuna differenza significativa tra le tesi (ca. 500 frutti/m <sup>2</sup> ).			Terreno dotato di buona fertilità intrinseca.			
	Bacche mature e completamente sane (frutti/m <sup>2</sup> )	Produzione di poco superiore nel testimone non concimato (T0); nessuna differenza statisticamente significativa tra le altre tesi (ca. 200 frutti/m <sup>2</sup> ).						
	Peso delle singole bacche	Nessuna differenza significativa tra le tesi (ca. 50 g/bacca).						
	Produzioni commercializzabili (produzioni totali – produzioni marce e verdi) (kg/ m <sup>2</sup> )	15 kg/m <sup>2</sup> per T0, le altre tesi si sono attestate intorno a 11 kg/m <sup>2</sup> .			L'allungamento del ciclo delle tesi concimate le ha esposte a fenomeni meteorici che hanno comportato un incremento degli scarti (non visibile per T0 che mostra quindi produzioni commercializzabili più alte).			
	Effetti su lunghezza del ciclo	Gli effetti di concimazione minerale ed utilizzo di compost hanno comportato un allungamento del ciclo (10-15 gg.).			Il terreno è dotato di una buona fertilità intrinseca ed il 2007 rappresenta il primo anno di utilizzo di compost sulle particelle.			
	Contenuto di sostanza secca nei frutti maturi	Nessuna differenza significativa tra le tesi (6.2-6.7%).						
	Peso fresco delle piante al momento della raccolta	Nessuna differenza significativa tra le tesi (ca. 1 Kg/pianta).						
Qualità del prodotto	pH del succo	Nessuna differenza significativa tra le tesi (compreso tra 3.9 e 4.1).						
	Conducibilità elettrica	Valori più elevati si sono riscontrati con T200 (5.6 mS/cm), valori più bassi con T100 (4.5 mS/cm).						
	°Brix	I frutti a più elevato grado zuccherino si sono riscontrati in T200 e Tmin (5.8), valori più bassi con T100 (4.8 mS/cm).						

## PROVA: RADICCHIO

Materiali e metodi								
<b>varietà</b>	"Radicchio Rosso di Chioggia"							
<b>tesi</b>	Quantitativi di nutrienti e loro forma apportati ad ogni trattamento							
	Tesi	Compost (q/ha)	Apporti N (kg/ha)		Apporti P (kg/ha)		Apporti K (kg/ha)	
			m.o.	min.	m.o.	min.	m.o.	min.
	T 0	0	0	0	0	0	0	0
	T M	0	0	45	0	115	0	65
	T 100	40	45	0	10	100	15	50
T 200	80	90	0	20	90	30	35	
m.o. = apporto di nutrienti tramite materia organica min. = apporto di nutrienti tramite fertilizzanti di sintesi								
<b>parcelle utilizzate</b>	700 m <sup>2</sup>							
<b>substrato di coltivazione</b>	Sabbioso							
<b>trapianto</b>	data	13 luglio 07						
	modalità	Densità di impianto pari a 9.5 piante/m <sup>2</sup>						
<b>irrigazione</b>	Al trapianto							
<b>trattamenti</b>	Nessuno							
<b>raccolta</b>	12 settembre 2007 (ultimata dopo 2 ulteriori interventi il 15 ed il 18 settembre)							
Risultati								
Caratteristiche principali indagate con la ricerca		Esito			Considerazioni necessarie			
Produzioni vegetali	Produzioni commercializzabili (produzioni totali – scarto) (kg/m <sup>2</sup> )	Differenza significativa tra Tmin (2.3 kg/m <sup>2</sup> ) e le tesi trattate con compost (1.1kg/m <sup>2</sup> ), i valori più bassi si sono riscontrati per la tesi non concimata (0.9kg/m <sup>2</sup> ).			Il substrato sabbioso di coltivazione fa sì che la concimazione sia un elemento determinante per la produzione; la concimazione minerale, prontamente disponibile, permette di esprimere più fruttuosamente le potenzialità produttive.			
	Prodotto commercializzabile/prodotto totale	Ad eccezione del T0, dove la riduzione del grumo commercializzabile è più evidente (57% di foglie scartate), la diversa concimazione agisce indifferentemente sia sulla parte di pianta commercializzabile sia sullo scarto, non determinando di per sé incrementi di scarto a parità di produzioni totali (% scarto Tmin: 48%, T100=52% e T200=54%).						
	Effetti sulla durata del ciclo produttivo	A differenza del Tmin, è risultata evidente la riduzione del numero di piante che hanno raggiunto in tempi idonei le dimensioni minime richieste dal mercato, la differenza non è parsa particolarmente evidente per le rimanenti tre tesi.						

### 5.2.2.3 Prove sperimentali condotte nell'anno 2008

Sulla base delle esperienze condotte e dei risultati ottenuti nell'anno 2008 le attività sperimentali sono state concentrate presso l'Azienda Sperimentale dell'Università di Padova. Sugli appezzamenti già utilizzati nell'anno 2007 sono stati riapplicati gli stessi trattamenti e sono state condotte due diverse prove colturali. Dato che le parcelle impostate risultavano essere di dimensioni sufficientemente grandi, e al fine di massimizzare le informazioni ottenibili nell'anno di sperimentazione, in ogni unità sperimentale sono state coltivate due diverse colture. Nel primo ciclo colturale (primaverile-estivo) sono stati utilizzati il fagiolo e il fagiolino, seguiti nel secondo ciclo da bietola da coste e spinacio. Quest'ultima prova è ancora in corso e quindi i relativi esiti sperimentali non sono riportati nella presente pubblicazione; essi saranno disponibili, a ricerca completata, in un'opportuna sezione dedicata alla sperimentazione sul compost

del sito di Veneto Agricoltura assieme alle risposte delle analisi chimiche praticate sul percolato prelevato a profondità diverse nel terreno durante il ciclo colturale.

terreno	località	successioni
argilloso/limoso	Legnaro (PD)	- fagiolo e fagiolino - bietola da coste e spinacio

### 5.2.2.4 Considerazioni alla fine del secondo anno di sperimentazione

L'analisi dei risultati ottenuti nel secondo anno di prova tende a confermare quanto riscontrato nell'annata precedente. Pur trattandosi, in questa fase, di leguminose notoriamente caratterizzate da minori esigenze nutrizionali rispetto alle altre specie, non sono emersi marcati effetti negativi connessi all'utilizzo del compost nel processo pro-

## PROVA: SPINACIO

Materiali e metodi			
varietà	" SK20F1 "		
tesi	La prova è stata eseguita utilizzando le medesime parcelle della prova su pomodoro; visto l'intento di verificare l'effetto residuo dell'utilizzo di compost, le tesi corrispondono a quelle della prova del pomodoro ovvero T0, Tmin, T50, T100 e T200		
parcelle utilizzate	500 m <sup>2</sup>		
substrato di coltivazione	Franco-limoso		
semina	data	26 ottobre 07	
	modalità	Semina con seminatrice di precisione a file distanti 0,15 m e piante sulla fila a 65 mm per una densità di 101,5 semi m <sup>-2</sup>	
irrigazione	Assente		
trattamenti	Nessuno		
raccolta	28 marzo 2008		
Risultati			
Caratteristiche principali indagate con la ricerca		Esito	Considerazioni necessarie
Produzioni vegetali	% di piante raccolte su seminate	Alla raccolta era presente il 40% delle piante seminate.	Il seme impiegato non era stato sottoposto ad alcun trattamento conciante e la coltura ad alcun intervento fitosanitario durante il ciclo culturale.
	Produzione totale	I valori più elevati si sono riscontrati in corrispondenza di T0, MIN e T200.	
	Produzione commerciabile		
	Produzione di sostanza secca	Le varie tesi manifestano valori vicini, i più elevati si sono riscontrati per T0 che supera di circa l'1% le altre tesi.	
	Concentrazioni di nitrati nelle foglie commerciabili	Si sono riscontrati valori mediamente bassi che si sono mantenuti sempre al di sotto di 60 mg kg <sup>-1</sup> p.f.; il valore più elevato è stato riscontrato nelle piante della tesi Tmin e le più modeste in tutte le tesi con compost (inferiori anche a T0).	Le concentrazioni riscontrate appaiono davvero modeste, soprattutto se confrontate con i 2 g/kg p.f. che rappresentano il limite più restrittivo imposto dall'UE e considerando che la pianta di spinacio si caratterizza per l'elevata capacità di accumulo di nitrati negli apparati fogliari.

duttivo del fagiolino e del fagiolo Borlotto. Tutti i parametri controllati e monitorati hanno evidenziato alcune variazioni a carico dei diversi trattamenti.

Pur tenendo in considerazione che trattasi di informazioni derivate da una sola esperienza, si può affermare che esiste una correlazione tra l'impiego di compost e l'anticipo nell'accrescimento delle piante (tale fenomeno si è verificato per la tesi T100 sia nel caso del fagiolo che nel caso del fagiolino).

Nello specifico della prova sul fagiolino, la tesi T50 ha dimostrato una maggior produzione rispetto alle altre tesi, e simile risposta è stata riscontrata anche a carico della distribuzione dimensionale dei baccelli commerciabili. Sempre in T50, nei baccelli del fagiolino si è verificato anche un leggero aumento del contenuto di azoto. Si può quindi dedurre che, sulla base dei risultati ottenuti, l'utilizzo di compost, anche a dosi significative, non pregiudica la produzione di baccelli commerciabili.

Nel fagiolo Borlotto la produzione di baccelli maturi per pianta è risultata più consistente nella T50, non accompagnato però da un pari accrescimento della parte aerea.

Nelle bucce dei baccelli si è riscontrato il minor contenuto di azoto, mentre nei semi, come ovvio, si sono registrate le concentrazioni più elevate.

Alla luce dei risultati ottenuti nelle due annate di sperimentazione su specie orticole diverse, coltivate in pieno campo, è possibile affermare che il compost, in qualità di ammendante organico, può essere impiegato nel settore orticolo in relazione alle specie, tipo di terreno ed epoca di coltivazione. La dose verosimilmente più idonea sembra potersi aggirare sulle 13-15 tonnellate per ettaro; valori superiori sono da considerarsi rischiosi, soprattutto in funzione degli eccessivi apporti di N collegati alla quantità di compost distribuita. Non appare invece possibile alcuna considerazione legata agli eventuali rilasci di azoto e altri macro, meso e micro-nutrienti (compresi metalli pesanti), oltre gli effetti sulla struttura e variazione del contenuto di sostanza organica nel terreno poiché, per l'approfondimento di tali aspetti, sarebbero necessari altri anni di prove.

## PROVA: FAGIOLO (TIPO BORLOTTO)

Materiali e metodi								
varietà	"Teggio" (Seminis)							
tesi	Quantitativi di nutrienti e loro forma apportati ad ogni trattamento							
	Tesi	Compost (q/ha)	Apporti N (kg/ha)		Apporti P (kg/ha)		Apporti K (kg/ha)	
			m.o.	min.	m.o.	min.	m.o.	min.
	T 0	0	0	0	0	0	0	0
	T M	0	0	30	0	100	0	100
	T 50	65	75	75	16	84	25	75
	T 100	130	150	0	33	67	50	50
	T 200	260	300	0	66	34	100	0
		m.o. = apporto di nutrienti tramite materia organica min. = apporto di nutrienti tramite fertilizzanti di sintesi						
parcelle utilizzate	202.5 m <sup>2</sup> (sugli appezzamenti utilizzati nel 2007)							
substrato di coltivazione	Franco-limoso							
semina	data	03 giugno 2008						
	modalità	File continue; distanza tra le file di 75 cm e sulle file di 10-11 cm (ca. 13,3 piante/m <sup>2</sup> )						
irrigazione	Assente							
trattamenti	1 diserbo chimico con Altorex (s.a. Imazamox) alla dose di 170 ml/hl, 1 sarchiatura il 17 luglio							
raccolta	13 agosto 2008							
Risultati								
Caratteristiche principali indagate con la ricerca		Esito	Considerazioni necessarie					
Produzioni vegetali	Emergenza (%)	75 e il 90%.	La scarsa presenza di piante emerse è da attribuire fondamentalmente al tipo substrato culturale (limoso-argilloso) facile alla formazione di crosta.					
	Baccelli maturi (g/pianta)	Valore min: 65 g/pianta in T100 che si discosta evidentemente dagli altri; valore max: 85 g/pianta in T50.						
	Baccelli maturi (nr/pianta)	Valore min: 10 baccelli/pianta in T100 e TM; valore max: oltre 12 baccelli/pianta in T0.						
	Baccelli immaturi (g/pianta)	Valore min: 2 g/pianta in T50; valore max: 22 g/pianta in TM che si discosta evidentemente dagli altri.						
	Baccelli immaturi (nr/pianta)	Valore min: 1 baccelli/pianta in T50; valore max: 5 baccelli/pianta in T0 e TM.						
	Semi/pianta	Valore min: 30 g/pianta T100; valore max: 38 g/pianta in T0, TM e T50. La performance di T200 si colloca in posizione intermedia.						
	Scarto (%)	In baccelli maturi: 70-90%; in baccelli immaturi: 10-30%.						
	Peso medio del singolo baccello	Valori compresi tra 6.5 e 7.5 g con valori più alti riscontrati per TM e valori più bassi per T0 e T100.						
	Sostanza secca del seme alla raccolta (%)	La prova ha evidenziato una leggera variabilità, oscillando tra il 40% della tesi TM al 48% della tesi T200.						
	Indice di raccolta (Harvest Index – HI) peso dei baccelli /peso totale della pianta	- HI calcolato sulla produzione totale di baccelli non ha evidenziato differenze marcate tra le tesi; - HI calcolato sul peso commerciabile dei baccelli, TM è stata la tesi con l'indice più basso a dimostrazione dell'influenza del compost nel prolungato accrescimento delle strutture non riproduttive.						
Contenuto di azoto su sostanza secca	Piante: risultati inferiori a quelli del fagiolino, variati dall'1% di T0 e T100 all'1.4% di TM; semi: si sono osservate risposte diverse nell'ambito delle tesi che hanno presentato la concentrazione minore in T50 (3%) e la più elevata in T100 (3.7%); bucce dei baccelli: i valori di tutte le tesi si sono posizionati ad un livello di poco superiore allo 0.5% con la concentrazione più elevata in TM e T50 (0.78%) e la più modesta (0.68%) in T0, T100 e T200.							

## PROVA: FAGIOLINO

### Materiali e metodi

<b>varietà</b>	"Alicante"							
<b>tesi</b>	Quantitativi di nutrienti e loro forma apportati ad ogni trattamento							
	Tesi	Compost (q/ha)	Apporti N		Apporti P		Apporti K	
			(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)	
			m.o.	min.	m.o.	min.	m.o.	min.
	T 0	0	0	0	0	0	0	0
	T M	0	0	30	0	100	0	100
	T 50	65	75	75	16	84	25	75
	T 100	130	150	0	33	67	50	50
T 200	260	300	0	66	34	100	0	
m.o. = apporto di nutrienti tramite materia organica min. = apporto di nutrienti tramite fertilizzanti di sintesi								
<b>parcelle utilizzate</b>	202.5 m <sup>2</sup> (sugli appezzamenti utilizzati nel 2007)							
<b>substrato di coltivazione</b>	Franco-limoso							
<b>semina</b>	data	03 giugno 2008						
	modalità	File continue - distanza tra le file di 40 cm e sulle file di 8-9 cm (ca. 25 piante/m <sup>2</sup> )						
<b>irrigazione</b>	Assente							
<b>trattamenti</b>	1 diserbo chimico con Altorex (s.a. Imazamox) alla dose di 170 ml/ hl, 1 sarchiatura il 17 luglio							
<b>raccolta</b>	6 agosto 2008							

### Risultati

Caratteristiche principali indagate con la ricerca	Esito	Considerazioni necessarie
Emergenza (%)	35% per la T50, T100, T200 e MIN, mentre si è verificato un innalzamento di tale valore per ciò che riguarda la T0 (52%).	La scarsa presenza di piante emerse è da attribuire fondamentalmente al tipo di substrato colturale (limoso-argilloso) facile alla formazione di crosta. Si sono riscontrati valori più bassi rispetto al caso del fagiolo; è verosimile che ciò sia dovuto alla minore forza germinativa del seme.
Produzione totale di baccelli (g/pianta)	- La concimazione minerale (TM) non ha comportato variazioni sulla quantità di baccelli prodotti nel caso di T0 (ca. 70 g/pianta); - tra le tesi a dose di compost più elevata (T100, T200) si sono riscontrate le produzioni più basse (ca. 65 g/pianta); - i risultati migliori (ca. 85 g/pianta) si sono riscontrati nel caso del T50.	Le produzioni totali, sulle aree di saggio considerate, si sono mantenute su livelli medio-alti, nonostante l'emergenza non sia stata ottimale.
Numero totale di baccelli per singola pianta	Valore min: 28 in T100; valore max: 35 in T50.	
Numero di baccelli commerciabili per singola pianta	Valore min: 17 in TM e T100; valore max: 23 in T50.	
Baccelli non commercializzabili/pianta	Non sono state rilevate differenze significative imputabili ai diversi trattamenti.	
Scarto (%)	33-40% del numero di baccelli; Min: T50; Max: T100. 11-14% del peso dei baccelli; Min: T50; Max: T100.	La notevole quota di scarto non meraviglia poiché la raccolta di baccelli commerciabili è avvenuta in un solo intervento in anticipo sulla maturazione fisiologica degli stessi che ne avrebbe pregiudicato in modo consistente la qualità.
Lunghezza del baccello commerciabile	110 mm, con lievissime differenze tra le tesi.	

--> segue a pag.68

Peso medio del baccello		Valori compresi tra 2 e 2.5 g con valori più alti riscontrati per TM e valori più bassi per T200.	
Sostanza secca del baccello alla raccolta (%)		Valore medio: 11% ad eccezione del T200 con concentrazioni più basse (9%).	
Quantità di baccelli/pianta per classe dimensionale	<80 mm Classe di scarto	T0, T50 e TM hanno presentato i valori più elevati (11-12.5).	
	80-120mm	TM e T50 hanno presentato i valori più elevati (9 e 11).	
	>120 mm	Valori più elevati si sono riscontrati nelle piante appartenenti a T50, tutte le altre tesi invece, si sono attestati intorno a 9 baccelli per pianta.	
% di baccelli/pianta per classe dimensionale	<80 mm Classe di scarto	Valori decrescenti da T0, MIN, T50 e T100 e T200.	
	80-120mm	Valori oscillanti attorno a livelli di poco superiori al 30% (MIN, T0 e T50) e al 33% (T100 e T200).	
	>120 mm	Le tesi T50, T100 e T200 hanno evidenziato le risposte apparentemente più elevate.	
Pesi dei baccelli/pianta per classe dimensionale	<80 mm Classe di scarto	Non si sono verificati scostamenti di rilievo tra le produzioni delle tesi a confronto.	
	80-120mm	T50 sembra aver determinato i migliori livelli produttivi.	
	>120 mm		
Indice di raccolta (Harvest Index – HI) peso dei baccelli /peso totale della pianta		I risultati migliori si sono verificati in corrispondenza di T100 e TM sia nel caso di HI calcolato sul peso totale dei baccelli che sul solo peso commerciabile degli stessi.	
Contenuto di azoto su sostanza secca		Piante: le analisi non hanno evidenziato differenze significative tra le tesi, i valori sono risultati compresi tra 1.6% in T100 e 2% nella TM; baccelli le differenze sono risultate evidenti con il valore più elevato pari al 3.2% in T50 e minimo pari al 2.7% in T0 e T100.	

### 5.2.3 Sperimentazione su colture arboree

La prova sperimentale sulle Short Rotation Forestry (SRF) ha previsto l'impiego di 2 matrici compostate, di diversa origine, su colture arboree da legno in pieno campo.

La sperimentazione è avvenuta in un appezzamento di circa 2 ha presso la "Corte Benedettina" (Legnaro, PD) di Veneto Agricoltura; le specie utilizzate sono state il Pioppo, il Salice e la Robinia.

Come per le colture erbacee, le matrici compostate, impiegate nelle suddette prove, derivano da cinque delle migliori aziende produttrici di compost presenti in Veneto e il materiale utilizzato deriva dalle classiche matrici utilizzate nel compostaggio.

Lo scopo di tale sperimentazione è verificare la risposta produttiva di colture arboree per produzione di biomassa (pioppo, salice, robinia), a dosi crescenti di compost (rispettivamente 170 e 510 kg/ha di azoto).

Collocazione	Scala	Colture	Matrici di origine dei compost impiegati	Data inizio
Corte Benedettina* (Legnaro, PD)	Pieno campo	pioppo salice robinia	- FORSU+verde+altro (*) - Verde	maggio 2007

(\*) "altro" rappresenta una frazione pari al 10% di fanghi agroindustriali

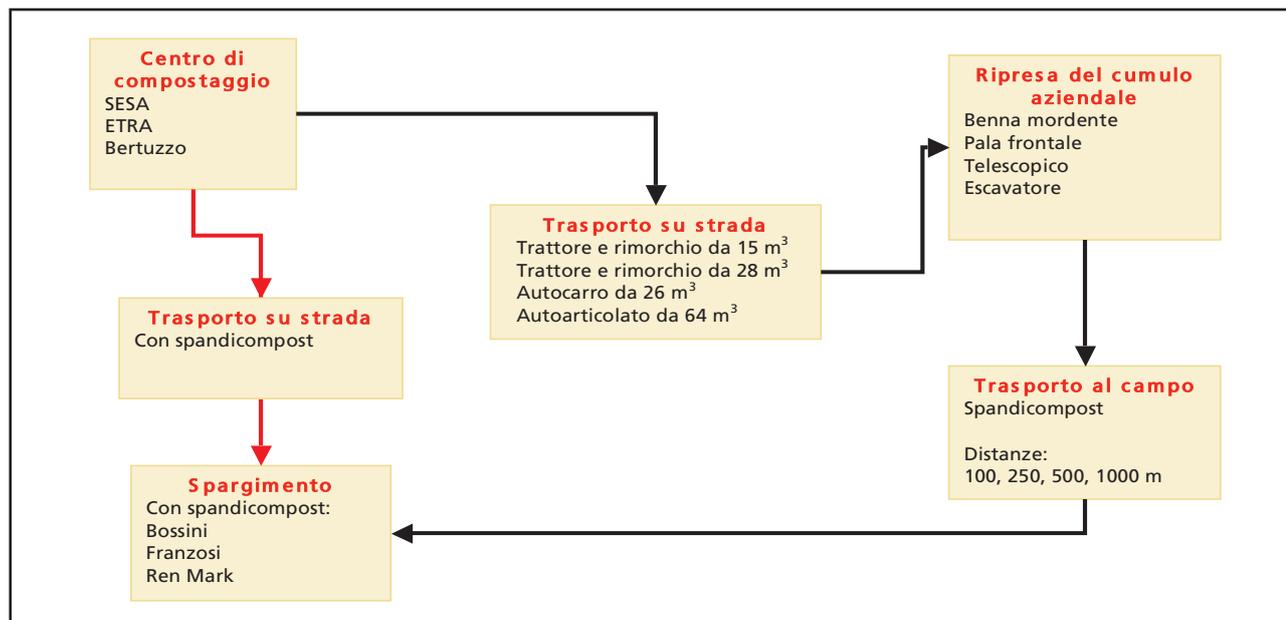
Nella presente pubblicazione non si riportano gli esiti delle indagini in quanto non ancora disponibili al momento della stesura della stessa, ma saranno pubblicati sul sito internet che Veneto Agricoltura ha dedicato al Compost.

### 5.2.4 Ottimizzazione dei metodi di distribuzione in agricoltura

L'obiettivo del gruppo di lavoro inerente la meccanizzazione è quello di fornire, nelle prove sperimentali, macchine e cantieri idonei per una razionale distribuzione dei vari tipi di compost e di valutare, nell'ampia gamma di alternative, quali sono le caratteristiche tecniche, funzionali ed economiche dei vari cantieri e delle modalità di distribuzione, fornendo informazioni utili per la scelta e il dimensionamento delle macchine. Su questa base le varie macchine testate dovranno essere inserite in uno specifico cantiere che comprenda il carico del materiale, il trasporto, lo scarico e il suo spandimento in campo. L'obiettivo della seconda parte del lavoro è quindi quello di trovare la soluzione operativa ed economica più conveniente alle diverse realtà aziendali del territorio veneto.

Nel primo anno di attività sono stati caratterizzati i cantieri di distribuzione del compost e del concime minerale e raccolti dati utili per fornire criteri di scelta delle macchine e dei

**Figura 5.9** – Schema delle fasi di lavoro, seguito dal cantiere per lo spargimento del compost



cantieri. Nel secondo anno, oltre alla raccolta dei dati nelle prove in campo, è stato approntato un foglio di calcolo per l'analisi funzionale ed economica di tutti i possibili cantieri.

Le fasi di lavoro del progetto sono quindi state:

- raccolta dei dati relativi ad alcune macchine spandicompost e ai cantieri di carico e trasporto;
- elaborazione dei dati e individuazione delle caratteristiche funzionali ed economiche dei cantieri di lavoro considerati.

Per quanto riguarda il trasporto del compost dal centro di compostaggio all'azienda, sono state ipotizzate 5 possibili soluzioni, mentre per il carico, operazione essenziale se il prodotto viene scaricato a terra dai veicoli che operano il trasporto, in un cumulo a bordo campo, sono state scelte 4 tipologie di mezzi che ben rappresentano le macchine che si possono trovare nelle aziende agricole o a noleggio. I compost disponibili oggi sul mercato presentano caratteristiche fisiche che variano a seconda del centro in cui sono stati prodotti: a far variare queste caratteristiche sono essenzialmente il tipo di materiale di partenza, il metodo di ottenimento del prodotto e la vagliatura finale.

In questa maniera i costruttori di spandicompost si trovano a dover progettare una macchina senza conoscere perfettamente qual è il prodotto che essa andrà a distribuire. Per questo motivo sul mercato si trovano macchine di diverse fatture, realizzate per lavorare in condizioni e con prodotti specifici; nella realtà esse opereranno in modo diverso da quanto progettato e i tre mezzi testati nelle prove sono un esempio di quanto detto.

Le loro prestazioni nelle prove non sono molto dissimili e si aggirano tra 1,4 e 1,6 ha/h alla dose di 12 t/ha.

Lo spandicompost della ditta Bossini (modello SG 200) a distribuzione laterale, tramite disco orizzontale, ha fatto rilevare la minore larghezza effettiva di lavoro (2,5 m) tra i mezzi considerati, anche se bisogna considerare il fatto che

il lancio del prodotto avviene solo da un lato e non su entrambi. Come conseguenza, questa larghezza di lavoro, porta ad una riduzione della capacità operativa (in media -6,5%) ed un innalzamento dei costi unitari (in media +6%). Il modello RP 140 Super di Ren Mark è il mezzo con le dimensioni minori usato nelle prove, annovera il costo iniziale inferiore, particolare che si riflette sui costi fissi della macchina e quindi su quelli totali di distribuzione (in media -8,5%), facendo registrare la maggior convenienza; la capacità operativa si attesta vicino alla media (+2,6%) rilevata durante le prove, anche se la regolarità di distribuzione non è ritenuta soddisfacente.

L'ultimo mezzo, proposto dalla ditta Franzosi, è stato sicuramente quello che soddisfa gli obiettivi di una buona distribuzione: la regolarità longitudinale e trasversale sono ampiamente sotto i valori limiti, con una buona attitudine all'utilizzo con compost diversi, la larghezza di lavoro è stata di 3,5 m, con una capacità operativa superiore alla media (+4%), ed un buon comportamento durante l'utilizzo. Gli aspetti negativi potrebbero essere rappresentati da un elevato costo di acquisto, che influenza i costi della distribuzione (+2%) e rende la macchina adatta solo ad aziende che ne prevedono un elevato uso annuo.

Per quanto riguarda il tipo di compost, dalle sperimentazioni sembra esistere una maggior attitudine alla distribuzione per tipologie che hanno subito vagliature tali da permettere omogenee classi dimensionali a prescindere dall'entità della vagliatura. Nel rispetto dell'omogeneità, l'entità della vagliatura è preferibile che sia leggermente energica rispetto a quella più grossolana. Per quanto riguarda il contenuto di umidità, il compost umido permette una maggior larghezza di lavoro, ma per avere una buona distribuzione occorre che sia supportato da un efficiente sistema di alimentazione; viceversa con materiale più secco la distribuzione trasversale è migliore, ma si riduce la larghezza di

lavoro e aumentano i pericoli di polverosità.

Il compost verde viene solitamente vagliato in modo grossolano (40 mm) e possiede un'umidità elevata che, oltre ai problemi elencati sopra, può causare, specie per spandicompost di ridotte dimensioni, una maggior predisposizione all'intasamento.

Da non sottovalutare la produzione di polveri durante lo spargimento, tanto da non rendere spesso possibile il loro utilizzo vicino alle abitazioni, perché fonte di inquinamento atmosferico; in futuro per ovviare a tale problema sono da preferire compost meno polverulenti (maggiore umidità) e macchine che effettuino la distribuzione vicino al suolo (vedi Ren Mark) ad altre con apparato distributore ad altezze maggiori (vedi Franzosi).

Infine, per la scelta delle macchine occorre porre attenzione sul sistema alimentazione-distribuzione che è determinante nel garantire l'omogeneità longitudinale nello spandimento. Anche la vagliatura e la ridotta umidità favoriscono questo parametro.

Tutti i tre mezzi sono progettati anche per lo spargimento del letame, possiedono quindi una certa polivalenza, aspetto che aiuta ad aumentare le occasioni per l'utilizzo di tali macchine, che altrimenti verrebbero impiegate solo pochi giorni all'anno, innalzando ulteriormente i costi orari.

Queste macchine, per la loro dotazione tecnica, si prestano anche a effettuare il trasporto del materiale dal centro di compostaggio al campo ed eseguirvi immediatamente la distribuzione, anche se la convenienza a tale tipo di utilizzo è limitata a brevi distanze: se si prende in considerazione il solo aspetto economico, la convenienza si ha per distanze inferiori ai 20 km, rispetto ad altri mezzi dedicati a queste operazioni, mentre la capacità operativa ottenibile con questa soluzione perde la sua convenienza già a distanze superiori ai 5 km.

Se ci si trova quindi a distanze maggiori è utile prevedere l'utilizzo di mezzi alternativi per il trasporto al campo del compost: un rimorchio agricolo di grosse dimensioni, potrebbe rappresentare la giusta soluzione fino ai 45 km, mentre per distanze maggiori è da preferire un autocarro.

Per tale soluzione, bisogna prevedere anche un mezzo che esegua il carico del cumulo formato sul terreno dai mezzi di trasporto al cassone dello spandicompost; queste macchine oltre a rappresentare un costo aggiuntivo non trascurabile, sono imputate di impiegare fino al 50% del tempo totale necessario a svolgere il lavoro, per il solo carico, con evidenti ripercussioni sulla capacità operativa (fino al 70% in meno) dell'intero cantiere.

Delle soluzioni testate quella che appare la più costosa (caricatore semovente telescopico) è la più economica e funzionale, grazie all'elevata capacità di carico e alla maneggevolezza. Inoltre la polivalenza di impiego la rende idonea per molte aziende di medie dimensioni.

Sarebbe auspicabile, per risolvere questo punto critico, il ricorso a una macchina che carichi in continuo il compost dal cumulo, soluzione a esempio già adottata per il caricamento delle barbabietole. Per la sua progettazione ci si po-

trebbe rifare a macchine semoventi o trainate, già impiegate per rivoltare il cumulo in fase ossidativa, costituite da una fresa che raccoglie e lancia il prodotto su un nastro elevatore, il quale dopo averlo portato a circa 3 metri di altezza, lo lascia nuovamente cadere a terra.

Prima di intraprendere una distribuzione di compost è bene valutare con attenzione quali costi si andranno a sostenere; infatti l'uso di mezzi non idonei a queste operazioni (trasporto, carico e distribuzione) e altri fattori come la distanza dal centro di compostaggio, possono rendere svantaggioso l'utilizzo del compost.

Il miglioramento delle macchine per la distribuzione, dell'organizzazione della logistica e dei cantieri di lavoro, congiuntamente agli sforzi che si stanno compiendo per valorizzare il compost, possono portare ad un rafforzamento della domanda, con risvolti positivi in molti comparti economici, agronomici e ambientali.

**Figura 5.10** – Le due modalità di gestione del suolo adottate a Ceregna per l'interramento del compost: in alto l'aratura e in basso la coltivazione senza inversione degli strati



**Figura 5.11** – La distribuzione del compost è stata effettuata con la stessa macchina in entrambi i siti di prova



**Figura 5.12** – La distribuzione presso l'azienda Sasse Rami di Ceregnano



**Figura 5.13** - La distribuzione del compost presso la Corte Benedettina



**Figura 5.14** - Cantiere di distribuzione del compost presso Sasse Rami di Ceregnano



**Figura 5.15** - Cantiere di distribuzione del compost presso la Corte Benedettina



### 5.3 L'IMPIEGO IN CAMPO AMBIENTALE

L'affermazione nel campo della riqualificazione ambientale delle applicazioni di tecniche in grado di agire da catalizzatrici delle condizioni di stabilità degli ecosistemi oggetto di intervento, dipende dalla corretta esecuzione delle medesime e dall'instaurazione di condizioni pedologiche idonee per l'insediamento di fasi ecosistemiche evolute.

Gli interventi di riqualificazione ambientale richiedono l'uso di matrici pedologiche che consentano un effetto "starter" alla vegetazione, un'attivazione biologica del suolo e contribuiscano significativamente alla riduzione delle aggressioni dovute agli agenti atmosferici che normalmente danno luogo a fenomeni erosivi dapprima di superficie e successivamente profondi.

I fenomeni erosivi si attivano quando non avviene un effetto sinergico di tutte quelle componenti che garantiscono stabilità agli aggregati del suolo, tra cui la sostanza organica (S.O.) che detiene un ruolo fondamentale.

Ma quale frazione della sostanza organica deve essere mantenuta, e se possibile incrementata, nel momento in cui si interviene nella realizzazione delle tecniche di riqualificazione ambientale?

Per rispondere a questa domanda dobbiamo introdurre alcuni concetti chiave.

Il suolo esplica la sua funzione di supporto della vegetazione e di substrato biologico quando sono presenti condizioni in grado di garantire idonea aerazione anche degli strati profondi. Questa idoneità si raggiunge quando *"nei processi di formazione dei suoli – e non vi è dubbio che nel caso della realizzazione di interventi di stabilizzazione o di ripristino ambientale ci si ritrovi in queste condizioni – gli elementi minerali e l'humus si combinano in unità di tipi diversi, che la lavorazione del suolo può poi modificare. Queste unità, che si distinguono in forma, superficie di rottura, spigoli e involucri umici, sono definite aggregati"* (Gerhard Hasinger - Service romand de vulgarisation agricole - SRVA – CH).

Gli involucri umici sono facilmente riconoscibili per il contrasto del loro colore, rispetto alla rimanente matrice, caratterizzato da tinte grigie e nere degli involucri che circondano i grumi. Nei suoli più stabili, gli aggregati non si trovano separati, ma organizzati tra loro in diversi tipi di struttura: omogenei, assemblati e speciali.

I *tipi omogenei* si rinvencono nei suoli non lavorati e rimaneggiati; la struttura grumosa risulta da un'associazione di grumi e caratterizza i suoli di medio impasto, mentre le strutture date dall'associazione di frammenti poliedrici e prismatici sono tipiche di suoli più pesanti (argillosi).

I *tipi assemblati* sono tipici di attività di rimaneggiamento meccanico di notevole entità: al loro interno si trovano grumi e frammenti grumosi, poliedrici e/o angolari, le cui proporzioni sono variabili in funzione delle attività meccaniche avvenute in precedenza.

I *tipi speciali* (strutture particellari e compatte) sono casi particolari costituiti direttamente da elementi minerali. Essi sono caratterizzati da scarsa presenza di humus, molto sab-

biosi o limosi o argillosi, e sono spesso originati da cattive condizioni di partenza, dovute a scarso contenuto di S.O. ed a lavorazioni meccaniche troppo intensive o effettuate in momenti non idonei (eccessiva umidità, ecc.).

In tali suoli la presenza di cavità costituisce un elemento di particolare pregio, in quanto contribuisce all'aerazione, al drenaggio e allo sviluppo delle radici.

Si distinguono macropori di origine naturale o dovuti alle lavorazioni, e in particolare le biocavità (gallerie di lombrichi e delle radici) sono apprezzate perché sono segno di un buono stato strutturale e penetrano il suolo dall'alto verso il basso, consentendo così maggiori scambi gassosi e minor condizioni di ristagno idrico.

Condizioni di saturazione idrica del suolo portano a una cattiva aerazione, con una evoluzione dei materiali organici verso la marcescenza e non la decomposizione. Questi processi di trasformazione liberano tossine che frenano lo sviluppo delle radici, al punto che l'estensione del reticolo radicale informa direttamente sullo stato del suolo: volumi di suolo non esplorati dalle radici o colonizzati solo lungo le gallerie esistenti segnalano una degradazione della struttura. Altri elementi informativi importanti sulle condizioni di stabilità di un suolo si hanno analizzando la sua superficie. Il suo stato ci informa sulla stabilità strutturale, in quanto gli aggregati di superficie sono esposti a forti aggressioni, dovute:

- all'energia delle gocce di pioggia;
- alla presenza di altri agenti atmosferici (vento);
- agli attrezzi di lavoro del suolo.

A queste aggressioni resistono solo gli aggregati molto stabili come i turricoli di lombrichi ed i grumi. Quando la stabilità strutturale è insoddisfacente, le zolle sottoposte a pressioni da parte degli agenti atmosferici si disgregano ed espongono gli elementi minerali costitutivi ad azioni disgregative e di trasporto erosivo. Gli agenti erosivi sono quindi determinati dalla degradazione della stabilità strutturale, ma questo non è l'unico fattore che determina l'intensità e la natura della erosione, in quanto vi contribuiscono anche gli eventi meteorici, la pendenza della superficie esposta e la sua lunghezza.

Tali nozioni di carattere generale devono essere ora riportate al settore del ripristino ambientale.

Le tecniche normalmente adottate nella progettazione degli interventi di riqualificazione ambientale sono riferibili all'ambito dell'Ingegneria Naturalistica, disciplina che prevede l'utilizzo di materiali vivi e morti per la creazione di condizioni idonee per il ripristino di ecosistemi che abbiano subito, per varie cause, processi di degrado e/o erosione in grado di metterli a rischio.

Queste tecniche, frequentemente utilizzate nel caso della riqualificazione di ambiti estrattivi, discariche, aree di raccolta e invaso delle acque, ambiti fluviali, ecc. richiedono l'utilizzo di materiali idonei per consentire l'insediamento delle specie vegetali erbacee, arbustive ed arboree, nelle successioni che più si adattano e convergono alle esigenze di ricostruzione ecosistemica.

Tali materiali hanno due funzioni principali:

- consentire la realizzazione di strutture di protezione della vegetazione nei primi stadi di sviluppo, in modo da realizzare strutture in grado di raggiungere una resistenza sufficiente fino a che non avvenga il superamento dei primi stadi vegetativi;
- consentire l'insediamento di un substrato pedologico vitale ed ideale per l'attecchimento delle talee utilizzate e per facilitare lo sviluppo delle radici e la colonizzazione dell'intero profilo pedologico, che richiede la più ampia e diffusa esplorazione degli organi ipogei.

È quindi necessario che, per le condizioni di particolare sensibilità ambientale in cui si opera, i materiali utilizzati abbiano caratteristiche chimiche e fisiche assolutamente compatibili con l'ambiente operativo, e non comportino rischi di deterioramento degli ecosistemi, anzi ne consentano un miglioramento rilevante, grazie all'effetto sinergizzante che il loro utilizzo può comportare sulle popolazioni biologiche e sulle caratteristiche chimico-fisiche del substrato pedologico.

Queste finalità si ottengono:

- utilizzando matrici organiche di comprovata qualità, sia sotto l'aspetto della presenza di inquinanti, sia sotto l'aspetto della stabilizzazione del materiale;
- utilizzando matrici organiche in miscela con il suolo autoctono rinvenibile in loco, in proporzioni che non comportino peggioramento dello stato iniziale dei recettori di eutrofizzanti negli acquiferi.

Esperienze condotte in varie regioni d'Italia (Piemonte, Umbria, ecc) hanno consentito di collocare il quantitativo di compost (espresso in t s.s./ha) tra 200 e 750 t (equivalenti all'incirca a 300-1000 t t.q.), che riferito all'unità di volume, si attesta tra 200 e 400 kg/m<sup>3</sup> di substrato utilizzato. Alla luce dei recenti risultati ottenuti da varie sperimentazioni in campo nazionale, e in conseguenza del miglioramento delle proprietà fertilizzanti del compost di recente generazione, tali valori appaiono sovrastimati, per cui sembra consigliabile evitare il superamento dei 200 kg/m<sup>3</sup> di prodotto.

L'utilizzo del compost in campo ambientale costituisce oggi una delle frontiere di nuova generazione per la diffusione di questo ammendante.

Gli impieghi principali si possono suddividere sulla base della seguente ripartizione, in Opere Paesaggistiche e Interventi di Stabilizzazione e Consolidamento. A loro volta, a queste categorie afferiscono ulteriori suddivisioni in settori, secondo la seguente casistica.

- Opere paesaggistiche:
  - i ripristini ambientali;
  - le opere speciali.
- Interventi di stabilizzazione e consolidamento:
  - le attività estrattive;
  - le opere idrauliche;
  - la stabilizzazione dei versanti.

Per tutte queste applicazioni, che si annoverano prevalentemente nel settore dei lavori pubblici, è evidente che si richiede una corretta definizione delle voci di capitolato del compost, che devono essere standardizzate, per poter es-

sere inserite sia come voci di computo che come voci di capitolato speciale. Il Codice dei Contratti Pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE (D.lgs. 163 del 12/04/2006) stabilisce, agli art.5, art.93 e art.203, che il capitolato costituisce parte integrante del contratto di appalto. Quindi le caratteristiche prestazionali dei materiali devono essere evidenziate e definite in una voce di capitolato, che deve essere definita in funzione delle caratteristiche standardizzabili del materiale stesso. Il livello progettuale del contratto rinvia al capitolato speciale di appalto, prestazionale o descrittivo, al computo metrico estimativo e all'elenco dei prezzi unitari per la definizione delle voci oggetto di utilizzo.

Nel caso specifico, l'elenco prezzi unitari deve fare riferimento a voci previste dall'elenco prezzi regionale utilizzabile per le opere pubbliche. Dall'analisi dell'elenco prezzi regionale aggiornato al 2007, il compost potrebbe essere collocato nella sezione :

#### **B.07 CAP MATERIALE PER OPERE A VERDE**

all'interno della categoria B.07.08. punto c e segg.

B.07.08	CONCIME	
B.07.08.a	<b>Organico</b>	-
B.07.08.b	<b>Chimico</b>	-
B.07.08.c	<b>Ammendante compostato verde con marchio di qualità Compost Veneto</b>	
1	Sfuso	0,02 (euro zero/02)
2	Pellettato	0,06 (euro zero/06)
B.07.08.d	<b>Ammendante compostato misto, con marchio di qualità Compost Veneto</b>	
1	Sfuso	0,02 (euro zero/02)
2	Pellettato	0,06 (euro zero/06)
B.07.08.e	<b>Ammendante compostato verde di qualità</b>	
1	Sfuso	0,015 (euro zero/015)
2	Pellettato	0,045 (euro zero/045)
B.07.08.f	<b>Ammendante compostato misto di qualità</b>	
1	Sfuso	0,015 (euro zero/015)
2	Pellettato	0,045 (euro zero/045)

Passando ad analizzare la voce del capitolato speciale, usualmente l'utilizzo di ammendante rientra nell'ammendamento del terreno.

La voce di capitolato può essere la seguente:

“Le tecniche di ammendamento del terreno saranno stabilite in base alle caratteristiche dei terreni che confluiranno nelle aree di intervento. Per l'ammendamento si utilizza ACQ (Ammendante Compostato di Qualità).

Nel caso di terreni a forte drenaggio dovranno essere impiegati ammendanti compostati con marchio di qualità Compost Veneto.

L'ammendamento potrà essere effettuato a seconda del prodotto con due modalità sostanziali:

- mediante mescola in fase di movimentazione del terreno;
- con applicazione dopo la stesura mediante aspersione superficiale, e successivo incorporamento nel suolo con

lavorazione superficiale.

Il miscelamento dell'ammendante avverrà sotto controllo della D.L. in apposito luogo indicato dalla stessa e non potrà avvenire con terreno bagnato o con componenti aggiuntive ammendanti e/o correttive umide.

L'ammendante utilizzato dovrà essere conforme alle seguenti caratteristiche.

**Ammendante Compostato di Qualità (ACQ):** prodotto del compostaggio di matrici organiche selezionate provenienti da raccolta differenziata e/o di altre biomasse selezionate, atto al miglioramento delle proprietà fisiche, meccaniche e biologiche del terreno, come meglio specificato nell'allegato 2 del D.lgs. 217/2006 e successive modifiche e integrazioni.

**Compost Veneto (CV):** prodotto del compostaggio di matrici organiche selezionate provenienti da raccolta differenziata, e/o di altre biomasse selezionate, atto al miglioramento delle proprietà fisiche, meccaniche e biologiche del terreno, avente le caratteristiche indicate nella Tabella C dell'allegato 1 della D.G.R.V. 568/05 e liberamente utilizzabile in ambito regionale.”

Un'ulteriore voce di capitolato possibile è relativa alle pacciamature, in cui l'utilizzo del compost è possibile.

La voce di capitolato può essere la seguente:

“Realizzazione di pacciamatura mediante utilizzo di Ammendante compostato di qualità (ACQ) o Compost Veneto (CV). L'operazione di **pacciamatura** consiste nel coprire il terreno con ACQ o CV, normalmente in corrispondenza di alberi o arbusti, al fine di impedire o ridurre la crescita di piante spontanee indesiderate. Il suo impiego sul verde ha spesso anche il fine di rendere -più finita- una realizzazione, soprattutto in fase d'impianto.

La pacciamatura deve avere uno spessore minimo di 6 cm (meglio se 8/10) per avere efficacia; si tratta quindi di una pratica abbastanza costosa che tuttavia è compensata dal minor onere necessario per la scerbatura.

Un elemento negativo della pacciamatura è rappresentato dal fatto che, soprattutto se lo strato è molto spesso, essa mantiene condizioni di umidità e temperatura, a livello delle radici e del colletto, che favoriscono attacchi da parte di parassiti, soprattutto funghi.

Un altro effetto controproducente può essere rappresentato da un'eccessiva superficializzazione delle radici.

**Pacciamatura:** salvo diverse specifiche di capitolato, la pacciamatura comprende la fornitura e posa in opera di ammendante con pezzatura elevata, dell'ordine di mm 25-40, in strato uniforme di spessore pari a cm 8-10.

Il pacciamante utilizzato dovrà essere conforme alle seguenti caratteristiche:

**Ammendante Compostato di Qualità (ACQ):** prodotto del compostaggio di matrici organiche selezionate provenienti da raccolta differenziata e/o di altre biomasse selezionate, atto al miglioramento delle proprietà fisiche, meccaniche e biologiche del terreno, come meglio specificato nell'allegato 2 del D.lgs. 217/2006 e successive modifiche e integrazioni.

**Compost Veneto (CV):** prodotto del compostaggio di matrici organiche selezionate provenienti da raccolta differen-

ziata, e/o di altre biomasse selezionate, atto al miglioramento delle proprietà fisiche, meccaniche e biologiche del terreno, avente le caratteristiche indicate nella Tabella C dell'allegato I della D.G.R.V. 568/05 e liberamente utilizzabile in ambito regionale."

### 5.3.1 Le applicazioni del compost nelle opere di Ingegneria Naturalistica

Come riferire tale dosaggio alle opere di Ingegneria Naturalistica (I.N.)?

Occorre fare alcune considerazioni legate alle classificazioni sistematiche delle opere di I.N.

La classificazione funzionale delle opere di I.N. suddivide le medesime in funzione della loro capacità di stabilizzare in superficie o in profondità il profilo pedologico, originando due tipologie di opere: interventi *antierosivi* e *stabilizzanti* da una parte e *combinati di consolidamento* dall'altra.

Le opere antierosive e stabilizzanti sono funzionali alla riduzione dei fenomeni erosivi di superficie, ed utilizzano sistemi di copertura con reti e stuoie, ovvero sistemi a base di idrosemine (a strato, potenziata, ecc.) in grado di creare un paramento difensivo di superficie che limita la creazione di solchi di erosione superficiale che possono evolvere successivamente in fenomeni marcatamente destabilizzanti a maggiore profondità.

Le opere combinate di consolidamento sono invece funzionali al contrasto dei movimenti erosivi generati da nicchie di stacco profonde, quindi da fenomeni di destabilizzazione strutturale dei versanti o delle sponde che partono da profondità maggiori di un metro dalla superficie inclinata del piano campagna (p.c.).

Le tecniche utilizzabili in questo ambito sono strutturate in maniera più massiccia rispetto alle precedenti, utilizzano strutture riconducibili a quelle di sostegno (muri a secco, palificate, grate, terre rinforzate ed armate, ecc.), e sono in grado di contrastare fenomeni di destabilizzazione di entità rilevante. *Interventi costruttivi particolari* sono inoltre tipologie che assumono funzioni e caratteristiche diverse dalle precedenti tipologie, e che si identificano in particolari strutture costruttive dotate di funzioni speciali, quali barriere vegetative antirumore e tetti verdi.

#### 5.3.1.1 Le opere antierosive e stabilizzanti e l'uso del compost di qualità

La loro caratteristica porta a interessare orizzonti pedologici difficilmente di spessore superiore a 30 cm, che comunque per tale motivo assumono importanza determinante al fine dell'insediamento delle popolazioni vegetali di cui si desidera l'inserimento nelle seriazioni progettate. Come già rilevato, l'uso di suolo caratterizzato da aspetti di sterilità biologica, che si presenta quando il materiale terroso utilizzato deriva dallo strato più profondo degli orizzonti del versante – mediamente collocato ai livelli a quote inferiori a -50 cm dal p.c. – non consente di ottimizzare i fattori che sono alla base di un idoneo attecchimento del materiale vivo utilizzato, in quanto una carenza di aggregazioni grumose, ad esempio, può dar

luogo ad una coesistenza di macroaggregati molto compatti con quelli grumosi (aggregazione di tipo assemblato), originando così un substrato di pessime qualità, disomogeneo ed in grado di dare origine ad ambienti di crescita fortemente differenziati e quindi inospitali per le talee, le sementi o le piante radicate utilizzate.

Il miglioramento di tali aggregati e, più in generale, della stabilità della struttura del suolo sono ottenuti con l'aggiunta di matrici organiche ben stabilizzate e mature, che vanno miscelate ottenendo una omogenea ripartizione della sostanza organica anche negli orizzonti più profondi, soprattutto se caratterizzati da matrici pedologiche compatte (argille od orizzonti calcarei compatti).

Tali matrici organiche possono essere costituite da compost di qualità, che devono essere indicativamente miscelati con apporti percentuali in volume dell'ordine del 20-30%, anche se è importante non eccedere nella quantità di compost adoperato, soprattutto se localizzato negli orizzonti più superficiali, in quanto le radici delle piante tenderebbero a colonizzare preferibilmente lo strato fertile, ma incoerente, evitando di ancorarsi al substrato pedogenetico (frequentemente caratterizzato da rocciosità) con possibili conseguenze di smottamenti per sovraccarico. Per tale motivo, e soprattutto se in presenza di orizzonti profondi non rocciosi, è opportuno che anche gli orizzonti più profondi vengano interessati da miscelazione di matrici organiche, estendendo quindi la miscelazione anche agli orizzonti di maggiore profondità, quando le condizioni lo consentono. Considerato che lo strato di suolo interessato da queste tecniche sia di 30 cm, pari a  $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , ne deriva che più comunemente l'apporto di compost si attesta su volumi di  $0,06 - 0,09 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , ovvero, in peso (Peso Specifico medio del compost =  $0,70 \text{ t}/\text{m}^3$ ), da  $0,70 \times 0,06 = 0,042 \text{ t} = 42 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$  a  $0,70 \times 0,09 = 0,063 \text{ t} = 63 \text{ kg}$  di compost per  $\text{m}^2$  di superficie esposta di versante.

Tali percentuali sono individuate sia a seguito di prove empiriche sia a seguito di raccolta di dati bibliografici e di esperienze sperimentali attuate sul territorio nazionale da enti di ricerca e sperimentazione, estrapolando le concentrazioni che maggiormente consentono di ottimizzare i vantaggi integrati di S.O. e di elementi nutritivi. Il superamento di tali quantità può infatti portare ad un eccesso di apporti di elementi nutritivi con successivi fenomeni di eutrofizzazione che devono essere evitati.

In quali fasi operative può essere utilizzato il compost e quali sono le fasi di cantiere in cui si prepara il substrato?

È necessario effettuare una suddivisione tra tecniche che comportano l'uso del substrato in fasi temporali separate dalla semina o dalla piantagione, e tecniche che comportano l'uso di una miscela di substrati e sementi che, una volta incorporati ed intimamente integrati tra loro, vengono idroseminati con apparecchiature dedicate.

Di seguito vengono evidenziate le principali sequenze delle fasi di rimescolamento dei due sistemi.

## Fasi separate

Le fasi separate richiedono l'uso di matrici che siano preventivamente sminuzzate, ovvero i cui aggregati siano ridotti a dimensioni non superiori ai 20 mm, in modo da consentire un adeguato rimescolamento tra matrici organiche e tessiture. In questo modo si ottengono i seguenti risultati:

- una integrazione virtuosa delle componenti responsabili della creazione di aggregati stabili della struttura del suolo;
- una creazione di un piano di posa che possa essere adeguatamente rullato ed omogeneizzato per consentire il posizionamento di reti o stuoie sulla sua superficie.

Questa seconda attività ha la funzione di proteggere ulteriormente la superficie esposta inclinata, soprattutto se l'inclinazione supera i 10° sul piano orizzontale.

Le fasi separate si verificano in tutti i sistemi che richiedono movimentazione e rimescolamento del suolo e sono proprie quindi di tutte le tecniche che non utilizzano idrosemine.

## Fasi integrate

Le fasi integrate sono tipiche delle operazioni di idrosemina e richiedono l'uso di matrici organiche omogenee e ben vagliate, preferibilmente di dimensioni inferiori a 4 mm, e ciò non tanto per garantire il funzionamento delle idrosemiatrici, che risultano normalmente dotate di vagli o setacci e quindi in grado di bloccare l'introduzione di frazioni organiche indecomposte grossolane, ma per consentire di ottenere una sufficiente omogeneità distributiva sul fronte di lavoro, alla stregua di quanto già indicato nell'ambito dei cantieri di distribuzione agronomica.

La presenza di matrici disomogenee porta infatti ad una peggiore distribuzione sia in termini di lancio balistico che in termini di volume distribuito, per cui l'effetto enterosivo può non essere raggiunto a seguito della non omogenea copertura della superficie esposta.

### 5.3.1.2 Le opere combinate di consolidamento e l'uso del compost di qualità

L'applicazione di compost di qualità nelle opere combinate di consolidamento segue le regole che sono già state evidenziate nelle precedenti note relative alle opere antierosive. La differenza è sostanzialmente legata ad alcuni elementi di natura statica in quanto:

1. la realizzazione di interventi combinati di consolidamento richiede la disponibilità di suoli facilmente trattabili dal punto di vista meccanico, ovvero che non si assoggettano a cedimenti differenziali dovuti a mineralizzazione della frazione organica contenuta nel suolo;
2. la presenza di percentuali rilevanti di sostanza organica nel suolo può portare a fenomeni di collassamento delle strutture a seguito dello svuotamento generato inizialmente dalla compressione ed assestamento di pacchetti di terreno difficilmente comprimibili, se non a seguito di azioni di assestamento di lungo periodo e dalla conseguente perdita di materiale attraverso i paramenti o le

tasche lasciate vuote nelle strutture alveolari parzialmente svuotate a seguito dell'effetto primario descritto. Il quantitativo di compost di qualità utilizzabile nel caso della realizzazione di strutture quali terre rinforzate o palificate rinverdate non è opportuno superi il 10% in volume, considerato che tale percentuale va a sommarsi agli spazi generati dal mancato attecchimento di talee o astoni passanti la struttura medesima, con sua ulteriore esposizione a rischio di collassamento.

### 5.3.1.3 Gli interventi costruttivi particolari e l'uso del compost di qualità

Nell'ambito di tali tecniche si ricomprendono gli interventi relativi a strutture speciali (barriere antirumore) e tetti verdi. Nel primo caso valgono le osservazioni previste per i sistemi modulari o per i muri a secco, considerate le tematiche del tutto analoghe. Devono essere evitate disomogenee distribuzioni e miscele poco accurate, in quanto la stabilità di tali strutture è uno dei requisiti fondamentali per la buona riuscita dell'intervento. La funzione principale richiesta al compost è, nel caso delle barriere, la capacità di ritenzione idrica data la caratteristica struttura verticale del sistema.

Nel secondo caso l'uso del compost è legato alla possibilità di fornire substrati di scarso peso, permeabili, ed in grado di elevare la ritenzione idrica del medium solido.

La funzione del compost è normalmente legata al suo utilizzo nei tetti verdi quando vi sono spessori utilizzabili superiori ai 30 cm, e quindi quando sono possibili immissioni di specie arbustive di taglia limitata all'interno della area progettata. In quel caso comunque la scelta del materiale va ponderata in funzione della vegetazione introdotta, del peso del sistema portante, del sistema di irrigazione, del clima in cui si opera.

In linea di massima, il quantitativo apportato può variare nell'ambito di un range di valori in volume posto tra 3 e il 15% dell'intero volume del substrato.