



TECNICA DEL RECUPERO DI RIFIUTI ORGANICI E PRODUZIONE DI COMPOST

DEFINIZIONE DI COMPOSTAGGIO

Serie di fenomeni biologici che concorrono nella conversione della materia organica complessa in sostanze più o meno semplici (anidride carbonica, acqua, humus e sali minerali).

*Il prodotto risultante dalla trasformazione biologica della sostanza organica contenuta nei rifiuti è il **compost**, prodotto umificato riutilizzabile principalmente ai fini agricoli*



Il compostaggio si pone come metodo ottimale per il recupero dei rifiuti di natura organica per i seguenti aspetti:

- permette lo smaltimento di quella parte più complessa dei rifiuti che in discarica, con l'innescarsi dei processi microbici, procurerebbe inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria;
- consente il trattamento della frazione organica putrescibile dei rifiuti (circa 4 milioni di tonnellate in quelli solidi urbani italiani) per la quale è poco adatto il processo di combustione data la notevole quantità di acqua in essa contenuta;
- permette di utilizzare completamente la frazione organica disponibile senza produzione di eventuali sottoprodotti da smaltire;
- non richiede apporto energetico;
- ha come risultato finale la produzione di "compost", prodotto che si può considerare prezioso tenendo presente che il nostro paese lo importa per una spesa rilevante.

Il compostaggio oltre che corretta tecnica di smaltimento, si configura anche come mezzo di produzione di ammendanti organici di alta qualità largamente sostituibili al letame.

La tendenza internazionale per la regolamentazione del settore di produzione del compost ha l'obiettivo di:

- garantire la qualità del compost in base a criteri ben precisi rispondenti alle varie tipologie;
- stabilirne i parametri in funzione dei possibili utilizzi;
- manifestare convinzione che la sua qualità è strettamente dipendente dalla raccolta differenziata e da una corretta gestione del trattamento;
- commisurarne la qualità in base al grado di maturazione, salinità, granulometria, contenuto di inerti e metalli pesanti;
- mostrare massima attendibilità per quelli derivati da rifiuti vegetali o da scarti alimentari;
- definire un marchio per quelli di qualità;
- prevedere sistemi di promozione e di incentivazione al suo utilizzo considerandolo un fertilizzante a tutti gli effetti.

METABOLISMO DEL COMPOSTAGGIO

Il processo di compostaggio consiste in una fermentazione aerobica controllata, o meglio un processo di degradazione biologica aerobica, durante il quale molte sostanze vengono trasformate in anidride carbonica e acqua e in cui vengono sintetizzati prodotti stabilizzati e sostanze umiche.

In questo processo di bioossidazione termofila molti microorganismi, in presenza di ossigeno, ossidano la sostanza organica attraverso la mineralizzazione della frazione più facilmente fermentescibile.

BILANCIO ENERGETICO DEI PROCESSI MICROBIOLOGICI

Metabolismo microbico: combinazione della fase di costruzione (anabolismo) della fase di distruzione (catabolismo) della sostanza organica.

Nella prima fase viene impiegata energia, nella seconda l'energia viene liberata.

“elementi di base” + energia \rightleftharpoons macromolecole organiche

Le forme di energia sono sostanzialmente di tipo termico e chimico.



Il compostaggio facilita lo smaltimento di prodotti degradabili, permette una **umificazione** rapida (5-9 settimane) e garantisce l'igienizzazione della massa organica.

Il processo è mediato dall'azione di un insieme di microorganismi (batteri, actinomiceti, funghi) che si alternano nell'operazione di ossidazione del materiale organico biodegradabile.

Le fasi del compostaggio

Le fasi sono essenzialmente due e ben distinte:

- mineralizzazione (o bioossidazione in senso stretto),
- umificazione.

La mineralizzazione comporta la degradazione della sostanza organica più fermentescibile (sostanze a struttura semplice quali zuccheri, acidi, amminoacidi, ecc.) associata ad una intensa attività microbica con conseguente produzione di calore, anidride carbonica, acqua nonché di un residuo organico parzialmente trasformato e stabilizzato.

Nella seconda fase si completa il processo di trasformazione della sostanza organica in condizioni meno ossidative (anche se sempre aerobiche o microaerobiche) in modo da permettere la formazione delle sostanze umiche ed eliminare eventuali composti fitotossici formati nella prima fase.

Nella prima fase infatti è necessario garantire una sufficiente aerazione per permettere un avvio corretto delle trasformazioni microbiche ed avere un innalzamento della temperatura tale da igienizzare il materiale; l'ossigeno durante la fase bioossidativa deve essere compreso tra il 5 e il 15%.

Nella seconda fase vengono invece favoriti i processi di formazione dell'humus in condizioni aerobiche e microaerobiche, ma non fortemente ossidative, in modo da evitare una eccessiva **mineralizzazione** della sostanza organica.

In questa fase abbiamo:

- minore richiesta di ossigeno (tra 1 e 5%)
- processi biologici più lenti
- temperatura inferiore

Parametri che influenzano il processo di compostaggio

pH: misura dell'acidità libera

Umidità: contenuto in acqua libera

Temperatura

Rapporti tra elementi chimici

pH

Il valore ottimale per lo sviluppo dei batteri risulta compreso tra 6 e 7,5 mentre quello per i funghi tra 5,5 e 8.

Nel corso del processo questo parametro è soggetto a notevoli oscillazioni.

Fase iniziale: la formazione di anidride carbonica e di acidi organici causa spostamenti del pH verso valori acidi (5-6).

Fase avanzata: grazie all'aerazione (che tende ad eliminare l'anidride carbonica) ed alla decomposizione delle proteine (con formazione di ammoniaca), il pH sale fino a valori di 8-8,5.

Il grado di umidità deve essere tale da garantire le condizioni di vita dei microrganismi per i quali l'acqua serve da veicolo per gli enzimi e per gli scambi nutritivi.

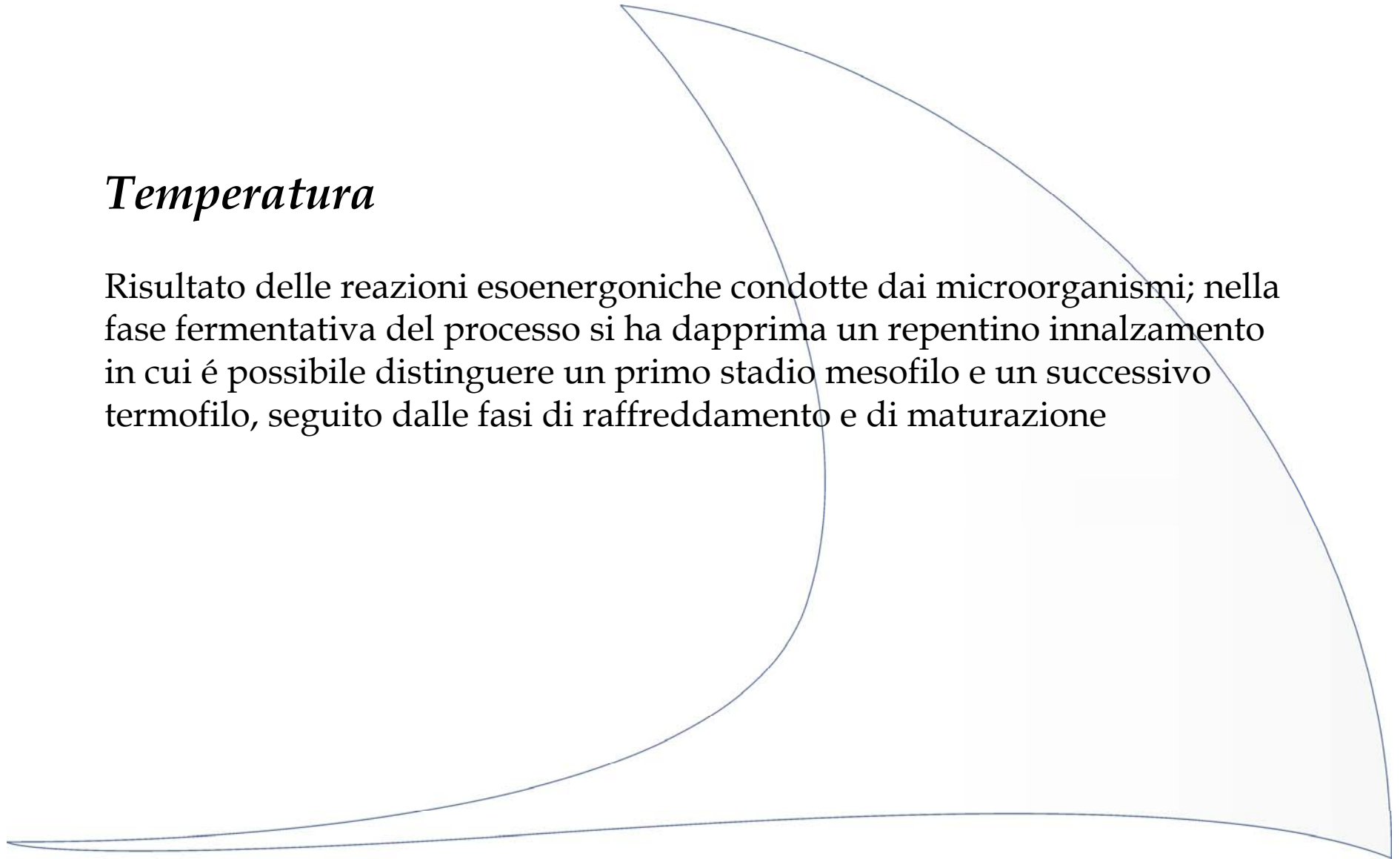
L'umidità varia a seconda di:

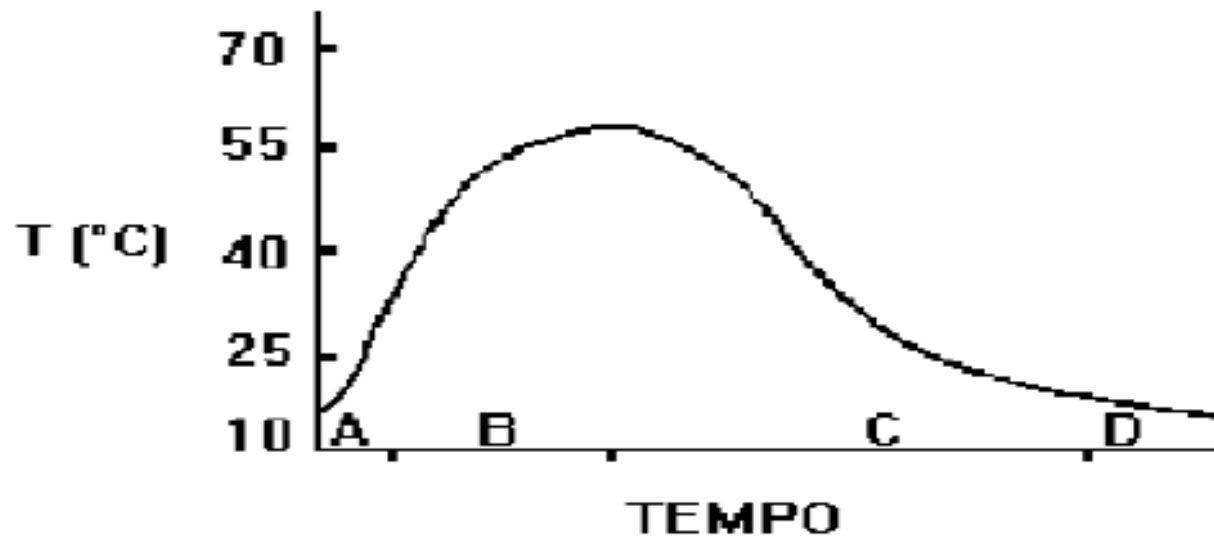
- sistema di compostaggio utilizzato;
- stato fisico dei rifiuti;
- miscela trattata e della sua porosità.

In ogni caso è necessario che durante il processo l'umidità sia compresa tra il 50 e il 65% poiché valori inferiori riducono apprezzabilmente l'attività microbica mentre valori superiori favoriscono l'insorgere di condizioni anossiche negative per il processo.

Temperatura

Risultato delle reazioni esoenergoniche condotte dai microorganismi; nella fase fermentativa del processo si ha dapprima un repentino innalzamento in cui é possibile distinguere un primo stadio mesofilo e un successivo termofilo, seguito dalle fasi di raffreddamento e di maturazione





A= Stadio mesofilo
B= Stadio termofilo

C= Stadio di raffreddamento
D= Stadio di maturazione



Nella fase mesofila si ha l'avvio della decomposizione delle sostanze più facilmente biodegradabili (zuccheri e proteine) da parte dei batteri.

La loro attività decresce con l'aumentare della temperatura fino ad annullarsi quando si superano i 40°C.

Successivamente inizia l'azione dei microorganismi termofili (attinomiceti e funghi) che operano in condizioni di temperatura di 60-65°C.

Oltre 60°C muore la flora termofila fungina pur proseguendo l'attività degli attinomiceti.

Il processo si arresta quando il materiale facilmente biodegradabile è totalmente consumato; a questo punto inizia il raffreddamento della massa accompagnato dalla reinvasione dei funghi termofili che cominciano l'attacco dei materiali celluloseici.

A digestione completata diminuisce l'attività microbica e la temperatura si avvicina a quella esterna.

ASPETTI MICROBIOLOGICI

L'andamento della temperatura favorisce l'attività dei saprofiti responsabili del processo di trasformazione del materiale in compostaggio; temperature molto superiori ai 60°C comportano una riduzione della carica microbica con rallentamento della trasformazione della sostanza organica.

La microflora saprofita, costituita da specie mesofile e termofile, rappresenta la popolazione naturale del mezzo ed esercita azioni antagonistiche verso i patogeni che costituiscono una porzione irrilevante nell'ambito della microflora totale.

E' proprio questa competizione microbica che permette il controllo dei patogeni durante il compostaggio; i saprofiti prevalgono sui patogeni poiché i primi restano nel loro ambiente naturale mentre i secondi si vengono a trovare in un habitat nuovo e oltretutto non adatto.

MICROORGANISMI PATOGENI

Quando si parla di patogeni si includono sia quelli interessanti le piante (fitopatogeni) e gli animali che l'uomo (riguardo ai primi, si può affermare che il processo, se opportunamente condotto, può garantirne l'eliminazione).

Più importanti sono invece i patogeni per l'uomo che possono anche essere abbondantemente presenti in dipendenza del materiale di partenza.

I più importanti sono gli enterobatteri, alcuni virus ed alcune specie di funghi opportunistici.

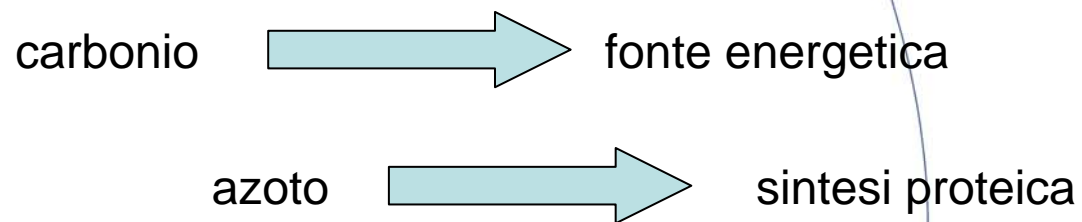
Questo aspetto va considerato soprattutto nei casi in cui il rifiuto urbano viene miscelato con fanghi di depurazione che sono i più grossi apportatori di agenti patogeni di origine fecale umana o animale potenzialmente pericolosi per la salute (questo rappresenta infatti uno dei maggiori fattori limitanti l'uso diretto dei fanghi di depurazione in agricoltura).

Nei limiti di temperatura compresi tra 50 e 70°C, avviene la morte della maggior parte dei microorganismi mesofili ivi comprese molte specie patogene; se tutta la massa di materiale organico in compostaggio è sottoposta a 55-60°C di temperatura per alcuni giorni (non meno di 2-3), il prodotto finale che si ottiene si può considerare sufficientemente igienizzato.

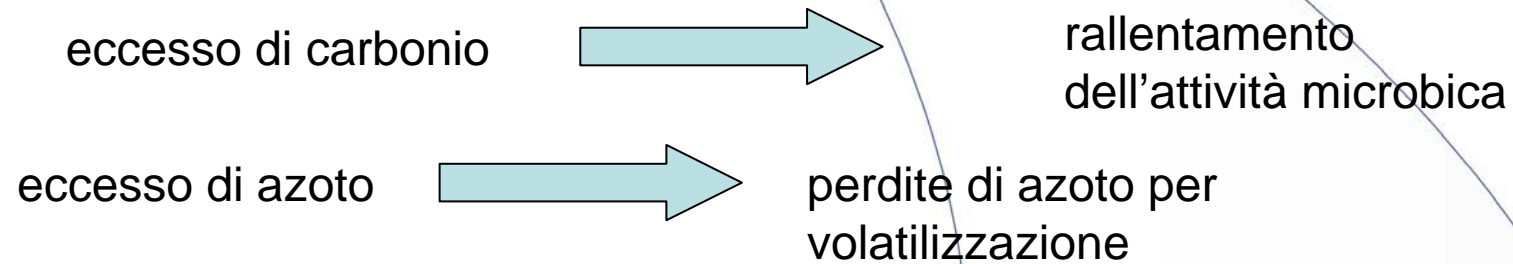
Salmonella typhosa	arresta la crescita sopra i 46 gradi; muore in 30 minuti a 55-60 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi; è distrutta in poco tempo in ambienti di compostaggio
Salmonella sp.	muore entro un'ora a 55 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi
Shigella sp.	muore entro un'ora a 65 gradi
Escherichia coli	la maggior parte muore entro un'ora a 55 gradi ed entro 15-20 minuti a 60 gradi
Entamoeba histolitica	muore in pochi minuti a 45 gradi ed entro pochi secondi a 55 gradi
Taenia saginata	muore entro pochi minuti a 55 gradi
Trichinella spiralis	muore velocemente a 55 gradi e istantaneamente a 60 gradi
Brucella abortus e Brucella suis	muoiono in 3 minuti a 62-63 gradi e un'ora a 55 gradi
Micrococcus piogenes	muore in 10 minuti a 50 gradi
Streptococcus piogenes	muore in 10 minuti a 54 gradi
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	muore in 15-20 minuti a 66 gradi
Corynebacterium diphtheriae	muore in 45 minuti a 55 gradi
Necator americanus	muore in 50 minuti a 45 gradi
Ascaris lumbricoides	muore in meno di un'ora a temperature 30 maggiori di 50 gradi

Rapporto C/N

Rappresenta un buon indice del grado di maturazione della sostanza organica e influenza significativamente la popolazione microbica.



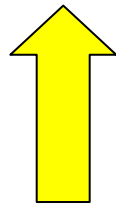
Gli organismi viventi utilizzano in media 30 atomi di carbonio per ogni atomo di azoto: il rapporto ottimale C/N per la partenza del processo è compreso tra 25 e 30.



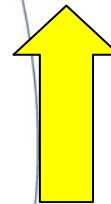
La miscelazione di residui ligno-cellulosici (con C/N = 100-300) con fanghi di depurazione (con C/N = 5-15) permette il riequilibrio del rapporto

L'andamento di questo parametro tende a diminuire costantemente fino a valori tipici della sostanza organica umificata che si possono riscontrare nei terreni naturali.

Rapporto C/N



Tempo di
maturazione
del compost



Il C/N finale di prodotti di buona qualità si attesta su valori compresi tra **15 e 20**.

Altri elementi chimici

Il valore iniziale del *rapporto C/P* non deve superare 200 e al termine del compostaggio si deve attenere su valori intorno a 100.

Altri macroelementi (Ca e Mg) e tutti gli oligoelementi, in genere presenti nei vari tipi di rifiuti, sono più o meno importanti nell'ambito di questo processo; essi infatti stimolano l'attività microbica e catalizzano le funzioni biochimiche.

Inoculo starter

Termine con cui si indicano i microorganismi che sono aggiunti al materiale avviato al compostaggio al fine di incrementare il processo.

I microorganismi “inoculati”, anche se in dose rilevante, soccombono nei fenomeni di competizione che si vengono a creare con le popolazioni “indigene” delle matrici di partenza; possono risultare utili per il trattamento di substrati con carica microbica naturale assente, bassa, molto lenta nello sviluppo o in residui organici sterilizzati; in questo caso risulta più efficace l’inoculo con compost ottenuto dalla biostabilizzazione aerobica della stessa matrice che si vuol trattare.

Tempi di maturazione

Pur ottimizzando tutti i parametri che possono condizionare il metabolismo microbico, il tempo richiesto per la trasformazione di un substrato organico in compost resta un fattore legato alla velocità di duplicazione dei microorganismi coinvolti, che ben poco può essere modificata da interventi esterni.

Si parla pertanto sempre di tempi di maturazione che, anche in condizioni ottimali si aggirano attorno al mese.

Qualora i principali fattori che condizionano il processo non raggiungano il livello ottimale, la trasformazione in compost può durare parecchi mesi,

METODI DI COMPOSTAGGIO

- a) compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati;
- b) compostaggio in cumuli statici aerati;
- c) compostaggio in bioreattori.

a) Compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati

In questo caso si dispone la matrice di partenza in **cumuli** generalmente a sezione triangolare, di altezza variabile e periodicamente rivoltati in modo che il materiale interessato sia efficientemente aerato.

Le dimensioni dei cumuli sono determinate dalla loro **porosità** in quanto se molto grandi tendono a compattarsi

Il rivoltamento consente la **miscelazione** dei materiali di partenza, ne riduce la pezzatura, ne facilita l'aerazione e ne regola la temperatura in modo da garantire una sufficiente igienizzazione ed una omogenea stabilizzazione.

La frequenza dei **rivoltamenti** dipende dal tasso di decomposizione, contenuto di umidità e porosità del substrato per cui sarà maggiore nelle prime fasi del processo.

Con questo metodo, la fase di compostaggio attivo dura solitamente da tre a nove settimane a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza dei rivoltamenti

b) Compostaggio in cumuli statici aerati

Questa tecnica non prevede la movimentazione del materiale in quanto l'ossigenazione è assicurata da appositi sistemi di tubi diffusori in cui circola aria in forma **passiva** o **forzata**.

Per la circolazione passiva è necessario miscelare bene il substrato di partenza, omogeneizzarlo opportunamente, dotarlo di una tessitura idonea disporlo in cumuli non più alti di 1- 1,2 m e ricoprirlo con uno strato di 10 cm circa, solitamente costituito da compost maturo, come coibente e assorbente delle emissioni maleodoranti.

Per la circolazione forzata sono previsti apparati di tubi, anch'essi opportunamente bucherellati, che costringono l'aria a passare forzatamente attraverso la matrice in compostaggio per **aspirazione** dalla superficie o per **insufflazione** nel substrato; anche in questo caso è necessario miscelare accuratamente il materiale di partenza, conferirgli la giusta porosità, sistemarlo in cumuli (di altezza non superiore a 2,5 m per una diffusione uniforme dell'aria)

Il metodo aspirazione forzata presenta l'inconveniente di creare condensa all'interno del cumulo.

c) Compostaggio in bioreattori

Nel compostaggio in bioreattore la stabilizzazione del substrato avviene in particolari strutture contenitive dove si combinano tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice.

In questi bioreattori la matrice organica subisce una **prima parziale omogeneizzazione** e trasformazione mentre la biostabilizzazione aerobica vera e propria del materiale avviene con uno dei sistemi in cumulo.

Il substrato viene alimentato attraverso una tramoggia sistemata ad una estremità del cilindro e, grazie al movimento rotatorio, viene spinto attraverso tutta la lunghezza del cilindro per essere scaricato all'estremità opposta.

La velocità di rotazione e il grado di inclinazione dell'asse del cilindro determinano il tempo di ritenzione del materiale caricato, tempo che si riduce se si ricicla e si mescola ai rifiuti freschi compost non maturato, in modo da ottenere il trasferimento dei batteri per accelerare il processo.

LeMa[®]



LeMa[®]



LeMa[®]



LeMa[®]



LeMa[®]



LeMa[®]



COMPOSTAGGIO E RIFIUTI ORGANICI

Il compostaggio permette lo smaltimento di tutte le frazioni organiche non altrimenti utilizzate.

La possibilità di miscelazione di rifiuti diversi rappresenta un vantaggio per tale processo che permette di smaltirli tutti senza particolari dipendenze da alcuno di essi.



La materia utilizzabile per il compostaggio comprende gran parte dei residui o sottoprodotti della coltivazione, commercializzazione o trattamento industriale di prodotti agricoli, florovivaistici e forestali.

Ai prodotti agro-industriali si possono assimilare anche i rifiuti di alcune industrie farmaceutiche o biotecnologiche che residuano grandi quantità di biomasse.

Le sorgenti produttrici di scarti organici possono essere raccolte in due grandi gruppi:

- ➡ da insediamenti di tipo civile;
- ➡ da processi agroindustriali.

Da ogni pasto servito sono prodotti circa 250-300 grammi di scarti a prevalente matrice organica che, opportunamente raccolti e trattati, possono garantire la produzione di compost di qualità.

L'operazione fondamentale nel recupero dei rifiuti organici è la caratterizzazione delle matrici (quantità e tipologia degli scarti) che dovranno essere inviate all' impianto.

Le tipologie di rifiuto che possono garantire la produzione di compost di qualità sono:

- materiali fangosi che presentano un alto contenuto in acqua (solitamente superiore al 80%) e un basso rapporto carbonio azoto (<10);
- scarti agroindustriali e di mensa caratterizzati da un umidità compresa tra il 65 e il 75% e un rapporto C/N tra 20 e 30;
- rifiuti derivanti dalla manutenzione del verde che presentano una bassa umidità ed un elevato contenuto in carbonio.

MATRICI E CATEGORIE DI RIFIUTO

Le matrici e le loro quantità dovranno essere scelte in modo tale che la loro miscelazione permetta di avere un substrato dalle caratteristiche soprascritte e che la successiva verifica analitica consenta di definire il prodotto ottenuto come compost di qualità.

Tutte le matrici in questione devono essere analizzate per determinarne la concentrazione dei principali metalli pesanti, prima di poter essere accettate nell'impianto.

Residui legnosi derivati dalla lavorazione del legno: questo materiale si ottiene a costi ridotti ed é caratterizzato da un contenuto di umidità generalmente basso (20-40%); tali residui inducono la formazione di compost con elevate concentrazioni di acidi fulvici.

Paglia o pula : essendo costituiti in gran parte da sostanza secca, costituiscono il supporto per materiali liquidi o collassanti in considerazione dell'alta affinità con l'acqua (la paglia infatti assorbe fino all' 85% di umidità). La paglia dei cereali costituisce uno dei più abbondanti sottoprodotti delle colture agrarie con 7,78 milioni di tonnellate potenzialmente recuperabili.

Residui del mais da granella : attualmente circa il 40-50% del totale raccogliabile viene utilizzato come lettiera o anche come alimento per bovini da carne.

Sansa ed acque di vegetazione : rappresentano i prodotti residui della lavorazione delle olive che possono essere inviati al compostaggio anche se cautamente in quanto i contenuti fenolici in esse presenti, inibiscono i processi metabolici umificativi della sostanza organica (aumentando i tempi necessari ad effettuare il compostaggio).

Raspi : contengono sostanza secca e sono solitamente disponibili, a costo zero, nelle industrie di vinificazione; essi favoriscono il compostaggio nonostante siano un materiale molto fibroso,.

Residui della barbabietola da zucchero : residui ad alto contenuto in acqua (che ne rende difficile la conservazione) e in sali minerali (che ne limitano l'uso nell' alimentazione degli animali); vengono generalmente interrati in quanto sono dotati di un elevato potere fertilizzante.

Residui della patata : presentano discrete proprietà nutritive ed un tenore proteico apprezzabile; non vengono sfruttati nell'alimentazione animale per la presenza di un alcaloide tossico (la solanina), di residui degli anticrittogamici e degli insetticidi che sono abbondantemente utilizzati sulle colture anche in prossimità della raccolta dei tuberi.

Residui del tabacco : allo stato attuale l' intera massa viene lasciata in campo ed interrata; i residui (foglie e stocchi) rappresentano circa il 50% del peso totale della pianta.

Residui del girasole : essendo ricchi di fibra sono sconsigliati come alimento animale ma, se interrati, possiedono un buon potere fertilizzante.

Residui delle leguminose da granella : anch'essi sono poco utilizzati nell'alimentazione animale; considerando il contenuto relativo di azoto che li caratterizza, hanno un buon potere fertilizzante.

Residui della soia : negli ultimi anni la produzione di soia e dei relativi residui sono nettamente raddoppiati ma contemporaneamente non vi é stata sensibilizzazione al recupero di questi ultimi.

Residui delle colture ortive protette : queste colture generano abbondanti residui che sono asportati dalle serre sotto forma di piante intere che una volta essiccate vengono bruciate; in questo modo la sostanza organica non é recuperabile. Data la loro abbondanza e varietà, questi materiali possono costituire un ottimo substrato organico per il compostaggio.

Residui di vivaio : sono costituiti da residui di coltivazione o potatura, piante sotto-taglia, prodotti invenduti, ecc...e sono particolarmente abbondanti negli allevamenti vivaistici e floricoli; costituiscono un substrato per patogeni e parassiti per cui sono temuti e quindi allontanati dai produttori.

Residui di potatura : residui particolarmente abbondanti che in passato venivano bruciati; attualmente, grazie a macchine trinciatrici, il materiale tagliuzzato viene lasciato in campo, impoverendo ulteriormente i nostri suoli (in mancanza di una fertilizzazione organica aggiuntiva) poiché tendono a ridurre l'umificazione; gli stessi residui, umificati e compostati, costituiscono invece un ottimo fertilizzante.

Residui di parchi, giardini e cimiteri : costituiscono una frazione molto grande della sostanza organica di rifiuto portata in discarica; negli USA essi ammontano al 35% dei RSU mentre in Italia la loro quantità può essere stimata a circa il 5-10%.

Residui solidi di mercati ed industrie ortofrutticole e floricole : sono caratterizzati da varietà ed abbondanza di materiali ma anche da un alto contenuto di umidità (75-85%); richiedono pertanto costi notevoli per la raccolta ed il trasporto già prima che raggiungano l' impianto.

Residui di fungaia : sono reperibili a costo zero perché considerati pericolosi nella fungaia dove costituiscono un substrato ideale per la incubazione delle malattie dei funghi; per il compostaggio rappresentano un ottimo materiale nonostante l' elevato contenuto di umidità (circa il 50%).

Residui di stalla e di allevamenti animali : sono residui ad alto contenuto in N e P e se sottoposti a compostaggio producono un compost ad elevate caratteristiche fertilizzanti. Anche per il letame (65-75% di umidità) il costo di acquisto e di trasporto é ridotto. Per i fanghi del lavaggio delle aree di stabulazione (maiali e bovini) é consigliabile l' uso solo se il contenuto in sostanza secca é compatibile con i costi di trasporto; per prodotti liquidi si propone la concentrazione (prima del trasporto) mediante filtrazione su appositi filtri organici essi stessi compostabili.

Residui di macellazione : presentano un notevole contenuto proteico ed una elevata percentuale in acqua; richiedono uno smaltimento giornaliero poiché tendono a dare origine a putrefazione.

Residui di conceria : sono utilizzabili nella preparazione di ammendanti organici solo se derivati da trattamenti di concia al tannino mentre vanno esclusi quelli da trattamento al cromo; infatti il cromo trivalente é controllato omeostaticamente dall'intestino dei mammiferi; quando viene trasferito al terreno diventa esavalente in presenza del ferro e del manganese ed é in queste condizioni che diviene tossico (poiché non pi_ controllabile omeostaticamente).

Fanghi di industrie alimentari o farmaceutiche (formazione di biomasse): rappresentano un substrato ricco per il compostaggio. Sono residui ricchi in contenuto minerale ma carenti per quanto concerne il contenuto secco (4-12%). I residui inertizzati con calce e simili vanno eliminati in quanto inibirebbero la fase di stabilizzazione biologica.

Matrici non differenziate

Il compostaggio da raccolta indifferenziata presenta infatti i seguenti vantaggi:

- stabilizza la componente organica che può essere utilizzata per recuperi ambientali (di discariche, zone calanchive e per risanamenti), come fonte di fertilità e per la realizzazione di letti caldi (nel vivaismo) come fonte di energia termica (che si sviluppa nella fase termofila);
- riduce la biomassa originaria del 60% in peso circa per evaporazione dell'acqua, perdita di anidride carbonica e azoto in forma ammoniacale (15-20% sul totale);
- produce compost di qualità scadente ma buono dal punto di vista ambientale. È collocabile in discarica dove evita il rilascio eccessivo di odori sgradevoli; infatti anche se di pessima qualità, il compost ha la capacità di depurare biologicamente l'aria sottraendo i composti gassosi responsabili di cattivi odori.

Tutte le attività di recupero della frazione organica dei rifiuti devono essere pianificate, calandole nel territorio interessato e devono quindi considerare i seguenti aspetti:

- *individuare le strutture che producono determinati rifiuti,*
- *tipizzare le matrici organiche e verificarle analiticamente (aspetti agronomici ed ecotossicologici),*
- *conoscere gli aspetti economici e sociali del territorio in cui si opera,*
- *individuare un probabile mercato,*
- *scegliere l'impianto più adeguato.*



Per ottenere un prodotto finale di qualità garantita è opportuno seguire alcuni criteri che mostrano come gli aspetti biochimici-microbiologici del compostaggio siano complementari a quelli tecnico-economici dello stesso. Infatti:

- è consigliata la scelta di questo sistema di trattamento rifiuti nel caso in cui sia individuata **l'utenza agricola** nel raggio di poche decine di chilometri dall'impianto;
- è opportuno organizzare in maniera accurata la raccolta dei RSU poiché la qualità del **prodotto finale** è influenzata dalla tipologia di quello **in ingresso** all'impianto; sono da inviare al compostaggio rifiuti urbani a matrice organica da raccolta differenziata a monte dell'impianto mentre sono da escludere i rifiuti urbani tal quali;
- è necessario tener presente la **situazione socio-economica** e il tipo di attività lavorative del comprensorio in cui si opera, in quanto esse caratterizzano le componenti dei RSU; dovendo agire nel rispetto delle condizioni ottimali impiantistiche, è importante prendere in considerazione degli accorgimenti nella fase di selezione e raffinazione in particolar modo nei casi in cui non sia effettuata una raccolta differenziata di RSU.

CARATTERISTICHE OTTIMALI DEL COMPOST

- deve essere nell'aspetto, nel colore e nella consistenza simile a terra rimossa e come quest'ultima deve essere privo di odori sgradevoli;
- deve essere privo di agenti patogeni
- deve presentare un ridotto contenuto di inerti come plastiche e vetro;
- deve essere opportunamente stabilizzato, requisito indispensabile sia per lo stoccaggio sia per il suo uso agricolo;
- deve presentare una elevata percentuale di sostanza organica (anche se il rapporto C/N non deve superare i limiti previsti)
- deve essere privo di metalli pesanti (in particolare Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr), o più esattamente, questi ultimi non devono raggiungere livelli preoccupanti soprattutto nei casi di cocompostaggio della frazione organica solida con fanghi

CARATTERISTICHE ANALITICHE DELLE TIPOLOGIE DI COMPOST

- compost RSU: ottenuto dalla frazione organica dei RSU separata meccanicamente a livello di impianto;
- compost CF: ottenuto da fanghi urbani in miscela con residui ligno-cellulosici (cortecce, segatura, graspi d'uva, scarti di potatura, ecc...);
- compost RD: ottenuto da biomasse di scarto o di rifiuto selezionate a monte dell'impianto di compostaggio.

Tipo di materiale	Compost RSU	Compost CF	Compost RD	Letame	Pollina	Torba	Limiti DPR 915/82
Numero campioni	9	8	4	7	7	5	
Umidità % t.q.	30,0	57,1	45,7	72,3	42,3	68,1	< 45,0
pH 1/5	7,92	7,36	7,98	8,38	8,47	6,04	6,0-8,5
C.E.S. μ S/cm 1/5	3533	1442	2795	2424	6851	636	
Sostanze volatili % s.s.	47,2	60,9	48,4	71,8	65,6	73,2	
Carbonio organico % s.s.	22,0	31,7	23,5	36,7	33,0	37,5	
Sostanza organica % s.s.	38,0	54,6	40,5	63,2	56,8	64,6	> 40,0
C/N	17,8	17,4	12,8	18,8	11,9	35,0	< 30,0
Tasso di umificazione %	20,0	17,0	24,9	21,3	19,5	18,7	
Acidi umici /Acidi fulvici	0,86	1,17	1,56	1,45	0,61	2,21	
Indice d'umificazione %	8,9	8,9	14,8	12,8	7,3	12,8	
Azoto % s.s.	1,27	1,92	1,90	1,93	3,13	1,26	> 1,00
Fosforo P ₂ O ₅ % s.s.	0,76	2,04	1,54	1,73	4,53	0,19	> 0,50
Potassio K ₂ O % s.s.	0,64	0,82	0,67	1,78	3,11	0,20	> 0,40
Calcio CaO % s.s.	9,29	8,20	9,58	7,87	8,19	3,29	
Magnesio MgO % s.s.	2,06	1,21	0,86	0,93	1,09	0,74	
Ferro % s.s.	1,60	0,57	0,64	0,37	0,16	0,49	
Boro mg/Kg s.s.	68	29	24	31	31	14	
Manganese mg/kg s.s.	442	207	175	292	796	79	
Rame mg/kg s.s.	451	198	97	54	280	29	< 600
Piombo mg/kg s.s.	687	86	134	32	23	15	< 500
Cadmio mg/kg s.s.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	< 10
Zinco mg/kg s.s.	1321	640	451	245	550	92	< 2500
Nichel mg/kg s.s.	138	30	25	10	9	37	< 200
Cromo mg/kg s.s.	310	38	50	30	16	89	< 510
Indice di germinazione %	52	88	85	74	71	82	

Il problema metalli pesanti

Quantità sostenute di questi elementi ne pregiudicano l'uso agronomico: non essendo soggetti a biodegradazione, tendono a persistere ed accumularsi arrecando contaminazione a carattere irreversibile al suolo interessato.

Le principali sorgenti di metalli pesanti nei RSU sono rappresentate da pile (mercurio, cadmio e zinco), pellame (cromo), vernici (cromo, piombo e cadmio), plastiche (cadmio), carta (piombo) e cosmetici (cadmio e zinco)

Il diverso contenuto può essere dovuto ai seguenti fattori:

- diversa industrializzazione della zona di raccolta,
- diversi metodi di raccolta dei RSU;
- diversi sistemi usati per la preparazione della sostanza organica da compostare;
- diversi metodi analitici.

TIPO DI RELAZIONE DEI METALLI PESANTI NEL TERRENO

- a) ioni semplici o complessi nella soluzione del terreno;
- b) ioni scambiabili;
- c) legati alla sostanza organica;
- d) occlusi o coprecipitati con ossidi carbonati e fosfati o altri minerali;
- e) ioni nei reticoli cristallini dei minerali primari.

Limiti legge n.748/84 (come mod.Decreto 27 marzo 1998)

Elemento	Limite massimo ammesso
Azoto organico sul secco >	80% dell'azoto totale
Zinco totale	500 <u>p.p.m</u> s.s.
Cadmio totale	1,5 <u>p.p.m</u> s.s.
Mercurio totale	1,5 <u>p.p.m</u> s.s.
Materiale plastico ($\varnothing \leq 3,33$ mm)	$\leq 0,45$ % s.s.
Altri materiali inerti ($\varnothing \leq 3,33$ mm)	$\leq 0,9$ % s.s.
Materiali plastici ed inerti ($\varnothing > 10$ mm)	assenti
<u>Enterobacteriaceae</u> totali	$\leq 1 \times 10^2$ UFC per g
Nematodi	assenti in 50 g t.q.
<u>Cestodi</u>	assenti in 50 g t.q.
Rame totale	150 <u>p.p.m</u> s.s.
Piombo totale	140 <u>p.p.m</u> s.s.
Nichel totale	50 <u>p.p.m</u> s.s.
Cromo esavalente	0,5 <u>p.p.m</u> s.s.
Materiale plastico ($3,33$ mm $< \varnothing \leq 10$ mm)	$\leq 0,05$ % s.s.
Altri materiali inerti ($3,33$ mm $< \varnothing \leq 10$ mm)	$\leq 0,1$ % s.s.
<u>Salmonelle</u>	assenti in 25 g t.q., dopo riv.
Streptococchi fecali	max $1,0 \times 10^3$ (MNP \times g)
<u>Trematodi</u>	assenti in 50 g t.q.

COMPOST VERDE

Le sorgenti di questi rifiuti sono rappresentate da:

- 1) mercati ortofrutticoli all'ingrosso;
- 2) mercati centrali e rionali al minuto;
- 3) supermercati;
- 4) singoli punti di vendita (negozi ortofrutta);
- 5) sfalci, potature e foglie;

I rifiuti vegetali, in particolare quelli derivanti da vendita di prodotti ortofrutticoli, sono considerati idonei a garantire un compost di qualità in quanto :

- non presentano cariche microbiche patogene che possano resistere ai processi ossidativi che si verificano durante la trasformazione in compost;
- essendo residui di prodotti alimentari, non presentano contaminazione da prodotti chimici, come antiparassitari o altri prodotti usati per evitare l'appassimento che possono invece essere presenti in fiori da vaso o piante ornamentali, ecc.

E' importante considerare l'eventuale presenza del piombo specialmente se si tratta di rifiuti provenienti da zone molto trafficate (in modo particolare le foglie in cui si accumula in modo rilevante la polvere stradale, ricca di piombo).

ANOMALIE FREQUENTI NEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI RIFIUTI VERDI

- **presenza di lattobatteri e lieviti**

possono inibire la microflora ossidante; in questo caso il rifiuto si trasforma in una poltiglia maleodorante che porta ad un prodotto finale non sufficientemente stabilizzato ed oltretutto fitotossico;

- **emissione di odori sgradevoli**

durante il trattamento fisico-meccanico, gli scarti vegetali tendono anche a rilasciare una quantità apprezzabile di percolato ricco di elementi azotati con anossia, fermentazione e putrefazione



COMPOST DA FANGHI

Un efficace sistema integrato di smaltimento finalizzato al recupero dei rifiuti é rappresentato dal compostaggio dei fanghi di depurazione in combinazione con la frazione organica dei rifiuti solidi urbani.

Il compost ricavato da soli rifiuti solidi urbani, pur presentando alcune analogie con quello da soli fanghi, come l' igienicità, l' assenza di cattivi odori e di fitotossicità, la devitalizzazione dei semi, ecc., risulta sensibilmente differente per caratteristiche organolettiche, fisiche, chimiche, microbiologiche.

I fanghi organici costituiscono il prodotto di risulta del trattamento biologico delle acque di scarico urbane, dell'industria agroalimentare, di quella cartaria e di altre categorie produttive.

Essi rappresentano un notevole quantitativo di sostanza organica pregiata attualmente smaltita in discarica o avviata all'incenerimento.

Le caratteristiche quali-quantitative dei fanghi sono determinate

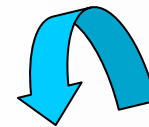
- dal refluo di origine;
- dal tipo di processo biologico cui sono sottoposti (fanghi attivi, biodischi, digestione anaerobica, ecc...);
- dal grado di stabilizzazione finale (digestione anaerobica e aerobica)
- dalla tipologia di disidratazione impiegata (decanter, nastropresse, letti di drenaggio, essiccatori termici ecc...).

COMPOST DA DEIEZIONI ZOOTECHNICHE

Le deiezioni zootecniche rappresentano una particolarità nell'ambito delle problematiche connesse con il trattamento dei residui organici; il loro smaltimento è regolamentato da leggi regionali in materia di scarico di reflui e non sono in nessun caso classificate come rifiuti indipendentemente dallo stato fisico di produzione (solido o liquido).

Nell'ambito del compostaggio le deiezioni zootecniche vengono quindi prese in considerazione in quanto:

- non presentano alternative allo smaltimento sul suolo agricolo per motivi di ordine qualitativo e quantitativo;
- anch'esse danno origine a notevoli problemi di carattere ambientale;
- rappresentano in molti casi un ottimo substrato per il compostaggio di altri tipi di rifiuto.
- presentano una notevole quantità di residui inorganici (fosforo e potassio) che l'industria nazionale produttrice di concimi organici e misto-organici importa da paesi esteri come composti minerali;
- la reazione esotermica che caratterizza il processo, permette l'essiccazione della biomassa (importante per i reflui zootecnici) e la sua sterilizzazione (la temperatura di 65°C riduce la presenza microbica ed eventuali coliformi e salmonelle);



- se richiesto, possono essere addizionati di materiale secco e granulare, come paglia, segatura, ecc., per correggere porosità, composizione, pH (preferibilmente neutro) e rapporto C/N (superiore a 20);
- la presenza di ossigeno della degradazione aerobica evita l'instaurarsi di condizioni anossiche che favorirebbero la formazione di composti maleodoranti;
- il tenore di umidità previsto permette una disidratazione graduata in modo da non influenzare i microrganismi coinvolti che possono completare le loro attività di fermentazione fino a completamento del processo;
- possono garantire la qualità del prodotto finale la cui destinazione è la stessa prevista per i compost da rifiuti solidi urbani e da fanghi.





Il compost modifica le proprietà del terreno apportando variazioni di diversa natura; il suo uso rappresenta oggi una alternativa incoraggiante per ripristinare un adeguato livello di *sostanza organica* nei terreni coltivati impoveriti da **lavorazioni ripetute**.

Questa carenza si ripercuote sulle caratteristiche del terreno ed il miglioramento delle proprietà fisiche di quest'ultimo, dopo l'aggiunta di compost, dipende in gran parte dall'attività biologica a sua volta correlata alla degradazione del materiale organico.

Notevole risulta l'influenza del compost anche sulle proprietà strutturali del terreno che stanno ad indicare i diversi livelli di interazione tra i componenti organici ed inorganici in esso contenuti.

Conoscere i meccanismi di regolazione, permette di intervenire nei modi e tempi più opportuni per poter conservare l'ecosistema terreno nelle condizioni ottimali.

IL MERCATO DEL COMPOST

Oltre alla efficienza dal punto di vista tecnico, alla base del loro successo risiedono obiettivi ben precisi di altra natura:

- 1) è indispensabile che vi sia richiesta per il prodotto finale;
- 2) è opportuno che non sorga il problema dello smaltimento del compost ;
- 3) è importante scegliere correttamente le matrici compostabili per ottenere un prodotto le cui quantità e qualità soddisfino le richieste del mercato;
- 4) non sottovalutare l'aspetto economico; in caso di impianto pubblico, i costi di processo non devono essere necessariamente e completamente coperti dagli incassi della vendita del prodotto ma risulta accettabile un costo residuo che non superi però quello dello smaltimento dei rifiuti in discarica o nell'inceneritore;
- 5) è richiesta una certa costanza nel monitoraggio della domanda e della offerta del mercato in cui si opera;
- 6) risultano fondamentali quelle strategie di marketing il cui scopo è quello di conquistare la fedeltà del cliente con promozioni e politiche di prezzi.



Una volta confermata l'efficienza del compostaggio e garantita la qualità del prodotto finale, serve conquistare la fiducia degli utilizzatori del compost.

E' codificato un sistema di certificazione di qualità in linea con le tendenze comunitarie per diffonderlo a livello nazionale: il sistema di etichettatura ecologica (*ecolabelling*).

Per ammendanti non torbosi, tra i quali il compost, è stato messo a punto per la Comunità Europea dal UK Ecolabelling Board nel 1993 ed approvato nel marzo 1994; il protocollo stabilisce (Regolamento CEE 880/92) che per ogni gruppo di prodotti vengano valutati gli impatti ambientali delle seguenti fasi di vita del prodotto: preproduzione, produzione, distribuzione, utilizzazione e smaltimento.



Il CIC e il suo marchio di qualità

Il Consorzio Italiano Compostatori riunisce aziende ed enti pubblici e privati allo scopo di coordinare e promuovere la produzione di compost di qualità controllata; si avvale del supporto di un Comitato Tecnico Scientifico, i cui componenti sono i maggiori esperti del settore a livello nazionale, che aggiorna continuamente i suoi parametri scientifici per restare al passo con lo sviluppo tecnologico e con le eventuali variazioni legislative. Il Consorzio promuove programmi di ricerca indirizzati alla sperimentazione di nuove modalità di compostaggio, alla messa a punto di nuove metodologie di laboratorio e alla verifica di nuovi prodotti.

Legislazione in materia di compostaggio

A fronte di una situazione deficitaria sotto diversi aspetti (tecnico-commerciale) la normativa italiana si presenta all'avanguardia in questo campo.

Il compostaggio, in quanto processo che determina la produzione di fertilizzanti a partire da rifiuti organici, e' soggetto sia alle leggi che regolano lo smaltimento dei rifiuti, sia a quelle relative ai fertilizzanti.

Il D.Lgs. 22/97 (Decreto Ronchi) introduce delle priorità nella gestione dei rifiuti: al primo posto la loro riduzione, al secondo il riciclaggio di questi, compreso il trattamento termico per recuperare energia, mentre il deposito in discarica e' previsto solo per quei materiali che non possono essere valorizzati in alcun modo.

Fra le operazioni di riciclaggio e recupero e' ammesso anche il compostaggio, con produzione di:

- compost di qualità, per il quale il DM 05/02/98 stabilisce un elenco dei rifiuti compostabili, fissando per ognuno di essi la tipologia del rifiuto, la sua provenienza e le caratteristiche di cui deve essere dotato. Il compost che ne deriva può essere liberamente immesso nel mercato dei fertilizzanti nel rispetto della normativa vigente;
- compost da rifiuti, prodotto utilizzando materiale di vario genere (frazioni organiche provenienti da separazione meccanica a valle della raccolta urbana, o altre matrici più inquinanti rispetto a quelle destinabili alla produzione di compost di qualità); tale compost viene inquadrato e gestito come rifiuto, e quindi soggetto a limitazioni d'uso.



Attualmente soltanto il compost di qualità, conforme ai parametri della **legge 748/84 (legge sui fertilizzanti)** e successive modificazioni, può essere commercializzato liberamente come ammendante, cioè sostanza capace di modificare e migliorare le proprietà e le caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche di un terreno.

La suddetta legge sui fertilizzanti prevede 3 diverse categorie in cui possono essere classificati i compost di qualità:

Ammendante compostato verde: scarti di origine vegetale, con esclusione di alghe e piante marine;

Ammendante compostato misto: frazione organica dei RSU, scarti di origine animale, attività agro-industriali o da lavorazione del legno;

Ammendante torboso composto: miscela di torbe, in quantità maggiore del 50%, con ammendante compostato verde e misto.