

PROVA SPERIMENTALE A CURA DEL CRPA

# Effetto deludente degli additivi utilizzati nel compostaggio

**Lo studio evidenzia che gli effetti degli additivi impiegati per ottimizzare il processo di compostaggio e limitarne le emissioni odorose presentano una efficacia limitata e statisticamente non significativa**

L. Rossi, S. Piccinini, C. Fabbri, F. Verzellesi

Gli additivi immessi sul mercato per migliorare il processo di compostaggio hanno come fine quello di accelerarlo e/o di ridurre i cattivi odori derivanti dalla decomposizione della sostanza organica (Bidlingmaier *et al.*, 1997; Valli e Piccinini, 2003). Sulla loro reale efficacia mancavano però test svolti da istituzioni terze; per questo, nell'ambito del progetto triennale di sperimentazione «Sostanza organica nei terreni» finanziato dalla Regione Emilia-Romagna e cofinanziato dai soci emiliano-romagnoli del Consorzio italiano compostatori (Cic), il Crpa ha condotto una serie di prove di verifica dell'efficienza di formulati commerciali proposti sul mercato; il lavoro è stato svolto nell'ambito delle attività di «Verifica di mezzi tecnici per il compostaggio».

Complessivamente sono stati oggetto di controllo 7 additivi prodotti da 6 ditte italiane, ma i risultati non hanno evidenziato effetti migliorativi derivanti dal loro uso rispetto a un proces-

so di compostaggio svolto in modo adeguato.

## Materiali e metodi

L'impianto sperimentale realizzato per la verifica dell'efficienza degli ad-

**Tabella 1 - Dosaggi e modalità d'impiego dei prodotti e durata del ciclo di compostaggio di ciascuna prova**

Additivo	Dosaggio	Modalità impiego	Durata ciclo (giorni)	Irrorazione con acqua
A1	200 g/m <sup>3</sup>	tal quale	40	190 L/reattore
A2	200 g/m <sup>3</sup>	diluizione in acqua tiepida	34	190 L/reattore
A3	2,5 kg/m <sup>3</sup>	tal quale	39	no
A4	60 g/m <sup>3</sup>	diluizione in acqua tiepida	34	90 L/reattore
A5	200 g/m <sup>3</sup>	diluizione in acqua tiepida	38	130 L/reattore
A6	100 g/t	tal quale	34	80 L/reattore
A7	500 g/m <sup>3</sup>	tal quale	34	60 L/reattore

ditivi proposti per l'ottimizzazione del processo di compostaggio era costituito da 6 contenitori-reattori a cielo aperto del volume unitario di circa 1 m<sup>3</sup>. Ognuno di questi era dotato di ventilatore centrifugo con inverter e sistemi di misura della portata d'aria erogata e della temperatura nella massa. Un'unità centrale programmabile (PLC) e un personal computer collegato per la visualizzazione e memorizzazione dei parametri di processo previsti hanno permesso di controllare, gestire e memorizzare tutti i dati rilevati, ma anche di regolare automaticamente, secondo un programma realizzato appositamente, le portate d'aria in funzione della temperatura nella massa.

Il sistema, posizionato direttamente presso l'impianto di compostaggio Aimag di Fossoli di Carpi (Modena), socio del Consorzio italiano compostatori, ha permesso di confrontare fra loro 2 tesi (testimone e trattato) con tre repliche.

Ciascuno dei 7 additivi testati è stato aggiunto a una miscela costituita da scarti organici selezionati alla fonte mediante raccolta differenziata (Forsu) e scarti legnosi sminuzzati derivanti dalla manutenzione del verde ornamentale nella misura variabile tra il 30 e il 56% del peso della Forsu, in funzione del tenore di umidità che caratterizzava quest'ultima.

Per creare le condizioni di porosità ottimali per un processo di compostaggio statico, gli scarti sono stati adeguatamente miscelati mediante trituratore-miscelatore. La quantità immessa in ognuno dei 6 reattori è stata pari a circa 550-650 kg di miscela. L'aggiunta dell'additivo in metà delle tesi è stata eseguita manualmente e in modo graduale durante il riempimento, seguendo le istruzioni di dosaggio e di impiego fornite dalle ditte produttrici (tabella 1).

In 6 dei 7 test si è provveduto all'umidificazione della massa, per mantenere un adeguato tenore di umidità durante lo svolgimento del processo: indicativamente ogni 7 giorni è stata aggiunta acqua in ogni reattore in quantità variabile dai 20 ai 40 L per volta.

L'efficienza dei preparati è stata va-



Scarti organici domestici da raccolta differenziata dei rifiuti urbani (Forsu)

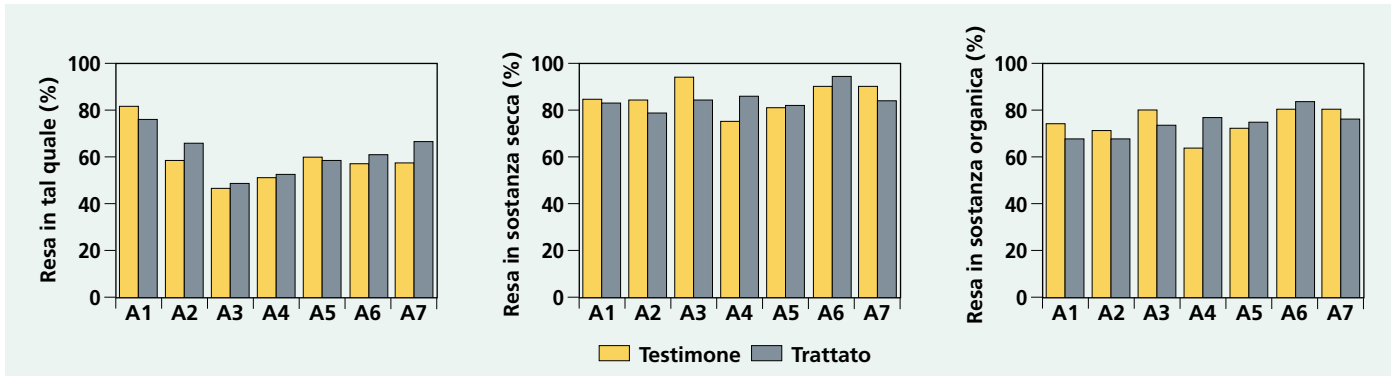
**Tabella 2 - Composizione chimico-fisica media della miscela avviata a trattamento**

Parametri	Testimone			Trattato		
	media	dev. st.	CV (%)	media	dev. st.	CV (%)
pH	6,06	0,93	15,4	5,92	1,08	18,3
Sostanza secca (%)	38,90	6,58	16,9	38,50	5,82	15,1
Sostanza organica (*) (% s.s.)	69,60	7,08	10,2	69,40	5,81	8,4
Azoto totale - NTK (% s.s.)	1,79	0,33	18,5	1,85	0,39	20,9
Azoto ammoniacale (% s.s.)	0,13	0,06	43,9	0,14	0,06	44,6
Azoto ammoniacale (% NTK)	7,82	3,16	40,4	7,74	2,53	32,7
Carbonio organico totale (% s.s.)	37,80	3,67	9,7	37,20	4,33	11,7
C/N	21,60	3,24	15,0	20,80	4,32	20,8

(\*) Sostanza organica o solidi volatili, determinata come perdita all'incenerimento.



L'impianto sperimentale di compostaggio

**Grafico 1 - Resa media a fine ciclo di prodotto tal quale, sostanza secca e sostanza organica (valore % rispetto al peso iniziale)**

lutata attraverso la determinazione dei seguenti parametri:

- caratterizzazione chimico-fisica iniziale e finale della miscela trattata e bilancio di massa;
- rilevazione in continuo della temperatura nella massa e dell'aria erogata durante il processo;
- determinazione del consumo orario specifico di ossigeno (Irs: indice di respirazione statico) (Divapra-Ipla-Arpa, 1998): al tempo 0, al secondo campionamento per gli odori e a fine ciclo (allo svuotamento dei reattori);
- valutazioni olfattometriche in tre momenti prestabiliti operando in conformità alle prescrizioni dello standard europeo EN 13725 (????): a processo avviato (da 4 a 10 giorni dopo il carico, dopo circa 10 e 20 giorni dalla prima misura).

Il ciclo di compostaggio ha avuto una durata complessiva variabile dai 34 ai 40 giorni.

Tutti i dati raccolti sono stati elaborati statisticamente mediante test T al 5% di significatività.

## Risultati

### Caratterizzazione chimico-fisica e bilanci di massa

La miscela utilizzata per tutti i test

presentava caratteristiche chimico-fisiche ottimali ai fini del compostaggio e con una limitata variabilità tra le diverse prove (tabella 2), confermata dai modesti valori del coefficiente di variazione, mediamente inferiore al 20%.

La degradazione bio-ossidativa della sostanza organica ha avuto in generale un buon andamento, confermato dai valori dei parametri chimico-fisici raccolti durante il processo, che non hanno evidenziato differenze nette tra le tesi testimone e quelle trattate. In tutte, inoltre, si è registrata una riduzione del tenore di sostanza organica compresa tra il 10 e il 20%, mentre per quanto riguarda i test il bilancio di massa complessivo, i risultati delle due tesi sono stati analoghi per tutti i parametri considerati (grafico 1).

Quattro additivi (A1, A2, A3 e A7) hanno indotto una perdita media di sostanza organica, e quindi di sostanza secca, leggermente superiore rispetto al testimone, ma all'analisi statistica la differenza è risultata significativa solo per l'additivo A7. In generale, al termine del processo statico aerato condotto, la resa media in sostanza secca è risultata compresa tra il 76 e il 95%, mentre quella in sostanza organica è oscillata tra il 64 e l'83%.

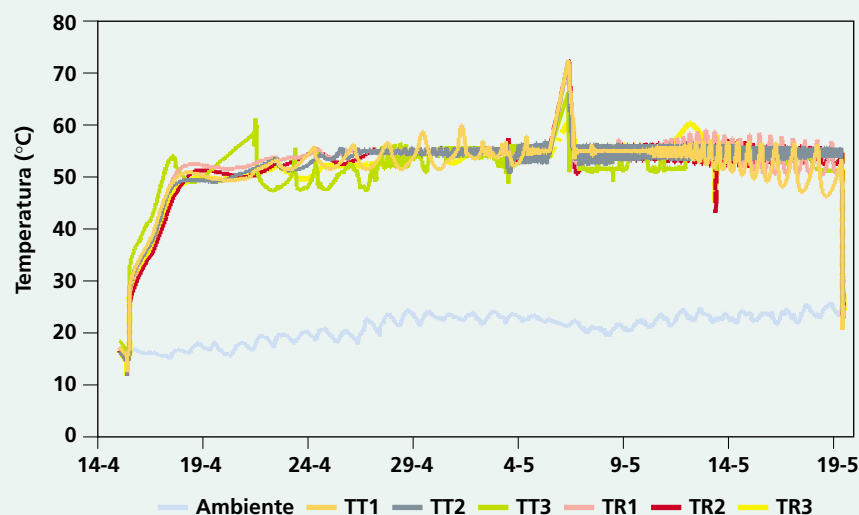
### Temperatura

La fase di innesco e lo svolgimento del processo di compostaggio non hanno manifestato particolari problemi, e questo nonostante i modesti volumi unitari utilizzati. Dall'avvio del processo al raggiungimento di valori di temperatura prossimi ai 50 °C sono stati necessari dai 4 ai 10 giorni circa a seconda dell'additivo e del periodo di conduzione della prova. Come già detto, il software di gestione ha comunque permesso il mantenimento dei valori di temperatura all'interno dei reattori nell'intervallo considerato più adeguato per l'ottimizzazione del processo (50-60 °C) (grafico 2).

Nonostante l'uso di additivi, non sono state registrate sostanziali differenze tra le tesi, fatta eccezione, talvolta, per un andamento più regolare del processo di compostaggio nel tempo, grazie alle minori oscillazioni dei valori di temperatura, nei tre reattori trattati rispetto ai non trattati. Solo in un caso (A2) le repliche trattate hanno mostrato una maggiore lentezza di avvio del processo.

### Indice di respirazione statico

I valori dell'indice di respirazione statico (Irs) (Divapra-Ipla-Arpa, 1998) sono stati rappresentati graficamente per mo-

**Grafico 2 - Andamento della temperatura durante il processo di compostaggio nei 6 reattori**

TT1, TT2 e TT3 = miscela testimone. TR1, TR2 e TR3 = miscela trattata con additivo.

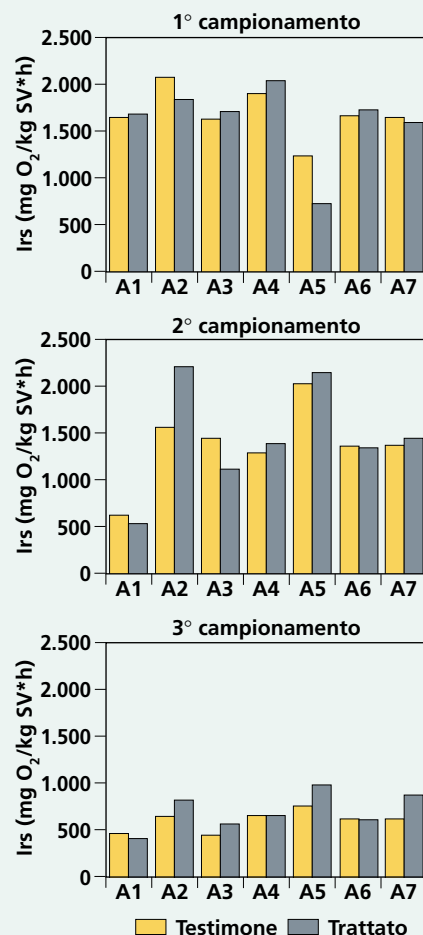
**Prelievo dei campioni di aria esausta dai reattori**

mento di campionamento (*grafico 3*) anziché per test, per meglio evidenziare le differenze tra testimoni e trattati. In tutte le prove si è osservata una graduale diminuzione dei valori di Irs con il procedere del processo. I valori misurati sulle miscele fresche, al momento del carico nei reattori, erano compresi nell'intervallo 1.250-2.100 mg O<sub>2</sub>/kg SV\*h ed erano molto simili tra testimoni e trattati, a conferma del buon grado di omogeneità delle miscele; un'eccezione è stata rappresentata dal test A5, nel quale la miscela è risultata inizialmente poco fermentescibile. Al termine del ciclo di trattamento, i valori di Irs sono oscillati tra 410 e 977 mg O<sub>2</sub>/kg SV\*h.

Solo uno degli additivi utilizzati nelle prove (A2) ha evidenziato effetti

statisticamente significativi, facendo registrare, sia al secondo che al terzo e ultimo campionamento, valori di Irs più elevati. Verosimilmente questo effetto è stato provocato dall'iniziale rallentamento del processo indotto dall'additivo, come evidenziato anche dalle temperature più basse rispetto al testimone nei primi giorni di processo.

Per quanto riguarda le altre tesi, la miscela trattata con il prodotto A5, inizialmente poco reattiva, è poi riuscita a esplicare la propria fermentescibilità, raggiungendo valori di Irs più elevati al secondo campionamento; tuttavia, al termine del processo tali valori sono scesi in modo evidente, pur rimanendo leggermente superiori rispetto agli altri valori di fine ciclo.

**Grafico 3 - Valori dell'indice di respirazione statico (metodo Ipla) (\*)**

(\*) Valori medi di tre repliche per tesi.

### Concentrazione dell'odore

La collocazione dell'impianto sperimentale in un ambiente chiuso, sede di processi di lavorazione diversi, ha comportato la presenza di un fondo ambientale già di per sé con un certo carico di composti odoriferi. Ciò ha reso necessario sottrarre le misure del fondo dalle concentrazioni rilevate per ciascun reattore.

L'esecuzione del campionamento nelle stesse condizioni di aerazione (ventilazione in manuale a portata oraria costante per lo stesso periodo di tempo) ha permesso di confrontare direttamente le concentrazioni in unità di odore (ou/m<sup>3</sup>). Il primo prelievo è stato effettuato a distanza di alcuni giorni dal carico nei reattori, dopo l'avvio del processo di compostaggio e al raggiungimento di temperature di almeno 45-50 °C; il secondo campionamento è stato eseguito a circa 10 giorni dal primo e il terzo a 20 (*tabella 3*).

Nonostante la regolarità dell'andamento del processo, già messa in evidenza precedentemente, tutti i test han-

Tabella 3 - Concentrazioni di odori rilevate nei 7 test (\*)

Giorni di processo	Testimone						Trattato						Test T
	TT1 (ou/m <sup>3</sup> )	TT2 (ou/m <sup>3</sup> )	TT3 (ou/m <sup>3</sup> )	TT media (ou/m <sup>3</sup> )	dev. st. (ou/m <sup>3</sup> )	CV (%)	TR1 (ou/m <sup>3</sup> )	TR2 (ou/m <sup>3</sup> )	TR3 (ou/m <sup>3</sup> )	TR media (ou/m <sup>3</sup> )	dev. st. (ou/m <sup>3</sup> )	CV (%)	
<b>Additivo 1 - A1 (maggio)</b>													
4	1.457	2.973	3.550	<b>2.660</b>	1.081	41	496	1.702	3.021	<b>1.740</b>	1.263	73	n.s.
20	422	629	4	<b>352</b>	318	91	173	11	-20	<b>55</b>	104	190	n.s.
38	-63	-80	-64	<b>-69</b>	10	-14	-35	-31	-95	<b>-54</b>	36	-67	n.s.
<b>Additivo 2 - A2 (luglio)</b>													
4	2.097	2.055	1.062	<b>1.738</b>	586	34	1.489	1.203	2.458	<b>1.717</b>	658	38	n.s.
13	-142	37	231	<b>42</b>	187	444	1.721	3.569	675	<b>1.988</b>	1.465	74	n.s.
24	424	-56	-170	<b>66</b>	315	478	85	-19	-182	<b>-39</b>	135	-348	n.s.
<b>Additivo 3 - A3 (ottobre)</b>													
4	10.628	4.323	3.130	<b>6.027</b>	40,29	67	2.419	5.339	2.419	<b>3.392</b>	1.686	50	n.s.
14	8.526	1.261	812	<b>3.533</b>	4.330	123	936	1.606	5.609	<b>2.717</b>	2.527	93	n.s.
25	597	266	101	<b>321</b>	253	79	221	149	140	<b>170</b>	44	26	n.s.
<b>Additivo 4 - A4 (febbraio)</b>													
10	476	222	1.260	<b>653</b>	541	83	1.260	776	755	<b>930</b>	286	31	n.s.
18	248	107	97	<b>151</b>	84	56	105	148	77	<b>110</b>	36	33	n.s.
26	364	204	385	<b>318</b>	99	31	227	182	143	<b>184</b>	42	23	n.s.
<b>Additivo 5 - A5 (aprile)</b>													
6	18.219	4.259	8.814	<b>10.431</b>	7.119	68	1.721	4.705	1.364	<b>2.597</b>	1.835	71	n.s.
17	246	190	282	<b>239</b>	46	19	357	120	376	<b>284</b>	143	50	n.s.
27	962	116	9	<b>362</b>	522	144	80	27	10	<b>39</b>	37	94	n.s.
<b>Additivo 6 - A6 (aprile)</b>													
6	2.190	2.112	1.839	<b>2.047</b>	184	9	3.240	4.916	4.458	<b>4.205</b>	866	21	*
18	-6	11	6	<b>4</b>	9	238	160	37	59	<b>85</b>	66	77	n.s.
28	202	147	-20	<b>110</b>	116	105	18	18	136	<b>57</b>	68	119	n.s.
<b>Additivo 7 - A7 (aprile)</b>													
6	2.190	2.112	1.839	<b>2.047</b>	184	9	3.356	5.235	4.832	<b>4.474</b>	989	22	*
18	-6	11	6	<b>4</b>	9	238	83	132	75	<b>97</b>	31	32	*
28	202	147	-20	<b>110</b>	116	105	36	55	190	<b>94</b>	84	90	n.s.

n.s. = non significativo. \* = significativo al 5% di probabilità. (\*) Concentrazioni ottenute dopo la sottrazione dei valori di fondo ambientale.

no dimostrato una elevata variabilità tra le repliche (Vossen, 2003). Nel secondo e nel terzo campionamento, nei test A1, A2, A6 e A7, si sono evidenziati addirittura valori negativi, forse per effetto di un'azione di biofiltro svolta dalla massa in compostaggio, che ha ridotto la carica odorigena del fondo ambientale.

Anche in questo caso, per meglio evidenziare il confronto testimone-trattato, la rappresentazione grafica è stata condotta per campionamento e non per prova (grafico 4).

Il primo campionamento (momento a maggior impatto olfattivo) ha fatto registrare concentrazioni medie minori rispetto ai rispettivi testimoni nelle tesi trattate con gli additivi A1, A3 e A5, con una differenza più marcata per il prodotto A5, che pare aver consentito una rilevabile riduzione delle emissioni odorogene nella fase più critica del processo (Favonio, 2000). Neppure in questi casi, tuttavia, la differenza tra le medie è risultata significativa all'analisi statistica, mentre nei test A6 e A7 è stata rilevata una differenza significativa a sfavore delle tesi trattate, con una concentrazione di odore al primo campionamento maggiore rispetto alle tesi non trattate.

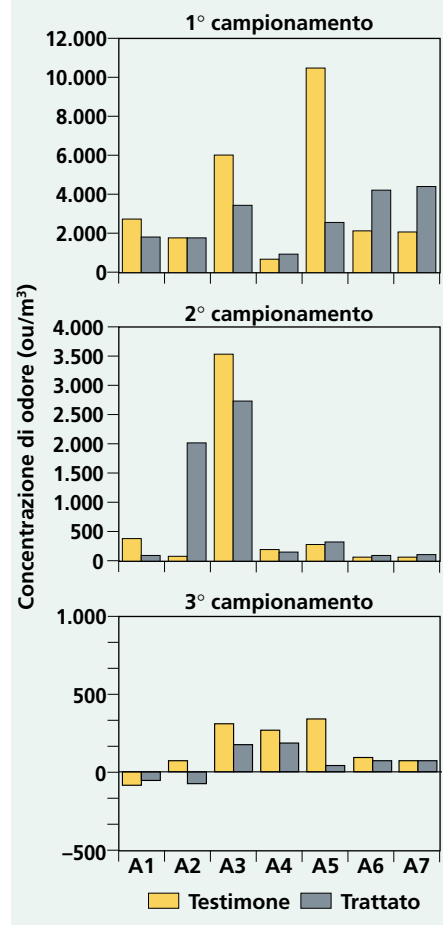
L'analisi dei dati raccolti ha permesso di evidenziare una significativa riduzione del livello di odore fra il primo campionamento e i successivi in tutte le prove, con una concentrazione di odori inferiore a 500 ou/m<sup>3</sup> in 5 casi su 7 al secondo campionamento (dopo 14-20 giorni dal carico) e prossimi a 300 ou/m<sup>3</sup> (valore di riferimento per le emissioni da impianti di biofiltrazione) al terzo dopo 24-28 giorni dall'avvio del trattamento.

## Conclusioni

La sperimentazione svolta ha dimostrato come, nel complesso, i 7 additivi testati abbiano prodotto effetti sulla massa in compostaggio (Bonazzi *et al.*, 1999; Fabbri *et al.*, 2001; Warburton *et al.*, 1980), anche se non in modo eclatante rispetto alla tesi testimone.

Quattro dei sette prodotti hanno accelerato i processi di degradazione della sostanza organica, provocando di conseguenza una maggiore riduzione di sostanza secca rispetto alla miscela testimone; si tratta tuttavia di differenze minime che all'analisi statistica sono risultate significative solo per l'additivo A2, che però non ha prodotto valori più bassi di Irs.

Grafico 4 - Concentrazione media di odori durante i 7 test



Anche per quanto riguarda l'efficienza nel contenimento delle emissioni odorogene, i 7 additivi hanno dato risposte non statisticamente significative, nonostante gli additivi A3 e A5 abbiano comportato una minore concentrazione di odori rispetto al testimone, soprattutto al primo campionamento.

È evidente che dai risultati ottenuti nessun additivo testato ha dimostrato un effetto definito e importante sul processo di compostaggio e sul livello di stabilizzazione raggiunto dal prodotto finale. Ne deriva che non pare giustificarsi l'uso regolare di tali formulati nella gestione ordinaria degli impianti, anche in relazione al loro costo di acquisto, in genere ancora non trascurabile.

Lorella Rossi  
Sergio Piccinini  
Claudio Fabbri  
Fabio Verzellesi

Centro ricerche produzioni animali (Crpa)  
Reggio Emilia  
????@????

La bibliografia verrà pubblicata negli estratti.