

# ANNALI

DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA DELL'UNIVERSITÀ

\_\_\_\_\_ SASSARI \_\_\_\_\_

DIRETTORE: P. BULLITTA

COMITATO DI REDAZIONE: P. BRANDANO - P. BULLITTA - P. DEIDDA  
M. GREPPI - L. IDDA - F. MARRAS - G. PALMIERI - A. VODRET

## studi sassaresi

ORGANO UFFICIALE  
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI



## INDAGINE SULL'IMPATTO AMBIENTALE DEI REFLUI OLEARI A SEGUITO DEL LORO SMALTIMENTO NEL TERRENO<sup>(1)</sup>

Caterina SENETTE<sup>(2)</sup> - Pietro MELIS<sup>(3)</sup> - Caterina USCIDDA<sup>(4)</sup>

### RIASSUNTO

Quattro differenti dosi di acque di vegetazione erano distribuite su un suolo calcareo coltivato a vite. Nessuna significativa alterazione delle proprietà del suolo venivano osservate anche alle più alte dosi di reflui; tuttavia veniva registrato un attivo dinamismo della sostanza organica e degli elementi minerali. Un effetto fitotossico sulla vegetazione spontanea ed un'influenza sulle popolazioni di acari e di collemboli del suolo si rileva nei primi 100 giorni dalla distribuzione del refluo.

Parole chiave: Reflui oleari, Inquinamento.

### SUMMARY

#### Survey about the environmental impact of olive mill waste following its spreading in soil

Four different doses of olive mill waste were spread on the calcareous soil of a vineyard. No significant alteration of the soil properties was observed even at the highest dose of OMW whereas an active dynamism of organic matter and mineral elements was registered.

Keywords: Olive mill waste, Pollution.

---

<sup>(1)</sup> Ricerca finanziata dall'Assessorato Difesa dell'Ambiente Regione Sardegna; i risultati di questa ricerca sono stati presentati al IV Convegno NIA Roma 1991

<sup>(2)</sup> Tecnico laureato Di.S.A.A.B.A. Università di Sassari Via De Nicola - Tel. 079/229214

<sup>(3)</sup> Professore associato di Chimica del suolo, *ibidem*.

<sup>(4)</sup> Professore stabilizzato di zoologia agraria, *ibidem*.

## INTRODUZIONE

La salvaguardia dell'ambiente e la conservazione delle risorse non possono prescindere da una corretta gestione dei sottoprodotti e dei rifiuti, che devono essere considerati come risorse da recuperare e riutilizzare convenientemente attraverso la loro reimmissione nei cicli produttivi. Poiché i reflui dell'industria olearia sono considerati ad elevata carica inquinante, il loro smaltimento costituisce un serio problema. Infatti, nonostante siano attualmente disponibili diverse tecnologie per il trattamento dei reflui, non esiste ancora un sistema collaudato che assicuri la depurazione a costi sostenibili dalle imprese olearie. Lo smaltimento sul suolo di questi reflui potrebbe essere una economica alternativa alla depurazione. Il suolo infatti può agire come eccellente biodigeritore di rifiuti ed offrire l'opportunità di riciclare i costituenti attraverso la produzione vegetale.

I risultati di recenti ricerche (3), (10), (13), (14), (15), (16), forniscono valutazioni contrastanti sull'opportunità dello smaltimento delle A.V. nel suolo per il loro basso contenuto in solidi e la presenza di alcune componenti organiche a carattere fenolico, che possono influire negativamente sull'equilibrio dei processi biochimici e sulle biocenosi caratteristiche del suolo. Allo scopo di raccogliere precise indicazioni sulla reale possibilità di utilizzare questo sistema di smaltimento, abbiamo impostato un'ampia indagine. In questa nota si riportano i risultati più significativi.

## MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte distribuendo le acque di vegetazione su un vigneto avente le seguenti caratteristiche: pH (H<sub>2</sub>O) 7.9; CaCO<sub>3</sub> 50%; CEC 10 meq/100g; sabbia grossa 17%; sabbia fine 46%; limo 22%; argilla 15%; N tot. 1.40‰. Le caratteristiche chimiche delle acque di vegetazione (A.V), usate nelle prove, sono riportate in tab. 1. Le tesi sono state trattate con dosi pari a 4, 16, 32 e 64 l/m<sup>2</sup>, e indicate rispettivamente D1, D2, D3 e D4; la tesi non trattata è stata indicata con DO. I campioni di suolo sono stati prelevati alle profondità 0-5, 0-15 e 15-30 cm. Nel corso della sperimentazione sono stati fatti prelievi dopo uno, tre e sette mesi dalla prima distribuzione e un solo campionamento al secondo e terzo anno dopo un anno dalla distribuzione.

Gli effetti del refluo sui microartropodi sono stati valutati nelle parcelle trattate con la dose 1 e la dose 4 ed i campioni di suolo sono stati raccolti a due differenti livelli: uno superficiale (0-10 cm) e l'altro profondo (10-20 cm).

Le analisi del suolo sono state condotte seguendo le metodologie riportate dalla Società Italiana del Suolo (17), mentre quelle relative alle acque di vegetazione secondo le metodologie riportate da IPLA (7).

Tab. 1 - Composizione media delle acque di vegetazione utilizzate nelle prove.

pH		----	4.90
EC	mS/cm	----	5.00
Acidità totale	meq/l	----	55.00
H <sub>2</sub> O	%	----	94.87
T.D.S.	g/l	----	51.30
Ceneri	g/l	----	5.20
Carbonio	g/l	----	20.00
Azoto	g/l	----	0.46
Polifenoli	g/l	----	1.21
Ca	ppm	----	600.00
Mg	ppm	----	102.00
Na	ppm	----	466.00
K	ppm	----	2200.00
P	ppm	----	200.00

Per ciascuna analisi viene riportato il valore medio di 3 determinazioni, la cui variazione è risultata < 5% .

Per l'estrazione dei microartropodi sono stati utilizzati mezzi dinamici sul terreno con estrattori tipo Mc.Fadyen modificato, e metodi passivi con flottazione sullo stesso terreno secco.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### 1) *Dinamica dei inquinanti e loro effetti sulle caratteristiche chimiche del terreno*

**pH** - La reazione del suolo nello strato 0-15 cm aumenta di 0.4 unità dopo 30 giorni dal trattamento. Questo comportamento può spiegarsi con la presenza di sodio e potassio nelle A.V. che, reagendo con gli ioni carbonato del suolo, possono dar luogo a idrolisi salina; l'alcalinità prodotta viene neutralizzata in breve tempo dal potere tampone del suolo. Dopo 3 anni di sperimentazione non si rilevano significative variazioni di pH sia nello strato superficiale che in quello profondo.

**Sostanza organica** - La sostanza organica distribuita con le A.V. innesca nel suolo un attivo processo di mineralizzazione che interessa, per le tesi D1, D2 e D3, anche la sostanza organica umificata preesistente nel suolo (priming effect), tale effetto si realizza in misura e in tempi inversamente proporzionali alla dose di refluo distribuita (tab. 2). Nella tesi con la Dose 4, non solo non si realizza il "priming effect", ma soltanto il 64% del carbonio aggiunto con le A.V. viene mineralizzato dopo 7 mesi

Tab. 2 - Contenuto di carbonio (%) nel suolo dopo distribuzione di diverse dosi di A.V.

DOSE		I ANNO			II ANNO	III ANNO
		1*	3*	7*		
D0	A	1.30	1.30	1.30	1.23	1.25
	B	1.11	1.08	1.12	1.09	1.12
D1	A	1.05	0.98	0.91	1.25	1.56
	B	1.11	1.10	0.91	1.10	1.15
D2	A	1.38	1.04	0.95	1.55	1.60
	B	1.05	1.10	1.02	1.29	1.20
D3	A	1.48	1.32	1.18	0.84	1.56
	B	1.08	1.12	1.05	1.23	1.12
D4	C	2.55	1.90	1.81	1.88	1.81
	A	1.93	1.70	1.60	1.68	1.76
	B	1.10	1.15	1.08	1.42	1.48

\* mesi trascorsi dalla distribuzione A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm

C = profondità 0-5 cm

dalla distribuzione. Risultati analoghi sono stati ottenuti da Martin et al. (9), studiando la biodegradazione nel suolo di sostanze organiche più semplici, quali i polisaccaridi.

La minore mineralizzazione nella prova D4 è giustificata considerando che la microflora del suolo, seppure attiva, dispone di una notevole quantità di sostanza organica fresca. La velocità di mineralizzazione procede, nell'arco di un anno, in due diverse fasi: una prima molto rapida che si esaurisce nei primi 3 mesi dalla distribuzione delle A.V. (fig.1) ed una seconda che decorre lentamente e si appresta a seguire la cinetica che si svolge naturalmente nel suolo non trattato. Nel secondo anno di sperimentazione la sostanza organica distribuita con le A.V. viene quasi completamente mineralizzata e solo nel terzo anno e per le dosi più elevate si rileva un modesto incremento nella dotazione di carbonio del suolo. La dinamica del carbonio lungo il profilo appare modesta, riscontrandosi in prevalenza accumulato nei primi 5 cm; a profondità maggiori di 15 cm, dopo tre anni di sperimentazione, non si registrano, ad eccezione della tesi D4, variazioni significative rispetto al testimone.

*Polifenoli* - Le sostanze polifenoliche, considerate principali composti responsabili della tossicità delle A.V. (1), (11) diminuiscono gradualmente nel tempo (tab. 3) sino ad assumere, per le tesi D1, D2 e D3, alla fine del primo anno di distribuzione,

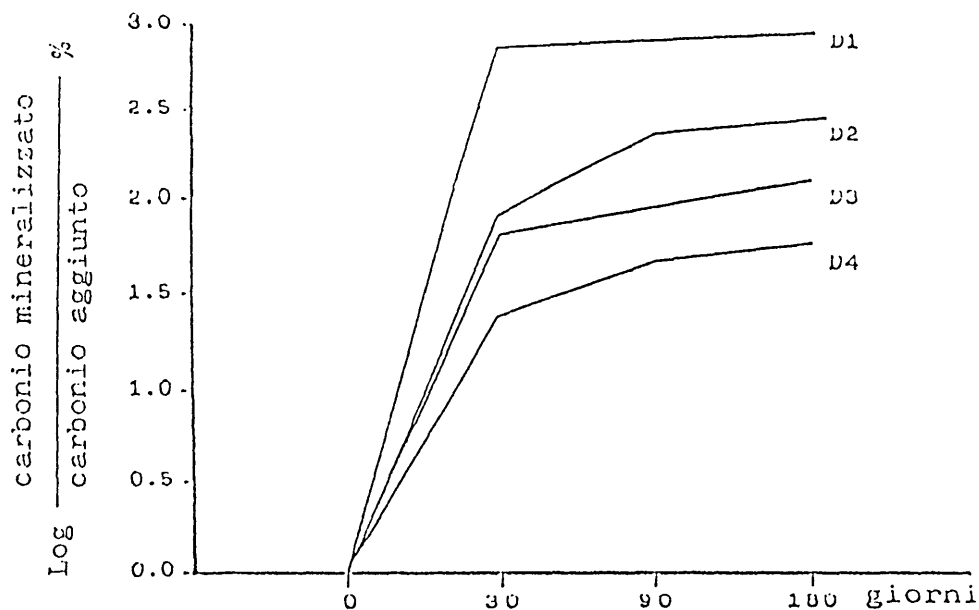


Fig. 1 - Rapporto percentuale tra carbonio mineralizzato e carbonio aggiunto a differenti dosi di A.V.

Tab. 3 - Sostanze fenoliche, espresse come acido gallico (ppm), nel suolo trattato con diverse dosi di A.V.

DOSE	I ANNO										
	1*		3*		7*		II ANNO		III ANNO		
	H2O	HU	H2O	HU	H2O	HU	H2O	HU	H2O	HU	
D0	A	40	410	38	430	35	415	40	423	38	405
	B	23	400	25	410	25	405	22	400	28	410
D1	A	48	390	43	390	43	408	45	418	45	423
	B	20	397	23	400	25	408	20	390	25	420
D2	A	78	596	63	631	46	456	50	460	49	445
	B	28	405	26	478	28	445	30	450	28	430
D3	A	103	534	85	670	50	594	55	485	53	436
	B	26	423	28	433	28	425	32	485	29	450
D4	A	205	1600	102	1200	63	649	70	603	73	508
	B	26	600	30	660	35	482	38	470	35	490

\* mesi trascorsi dalla distribuzione A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm

valori simili a quelli del testimone. Anche la dinamica lungo il profilo appare contenuta, conseguenza di una rapida degradazione che coinvolge reazioni di complessazione con elementi nutritivi (8), (12), ed interazioni con la frazione organica del suolo. Infatti essi stessi sono importanti precursori della sintesi della sostanza organica (Wang et al. (18).

*Lipidi* - I lipidi subiscono una demolizione rapida, favorita dalla presenza di specie microbiche lipolitiche nelle A.V, pertanto già ad un mese dallo spargimento dei reflui non si registrano, per le dosi D1, D2 e D3, significative variazioni di contenuto rispetto al testimone (58 mg/Kg).

*Sali* - L'apporto di refluo provoca nel primo anno di sperimentazione un significativo aumento della conducibilità elettrica, espressione della salinità del suolo, in particolare nello strato superficiale (tab. 4). Il fenomeno è in relazione alla dose distribuita e alla velocità di mineralizzazione della sostanza organica. Valori di conducibilità considerati di media pericolosità vengono registrati dopo 7 mesi per le tesi D3 e D4. Tuttavia nel II e III anno si verifica una riduzione della conducibilità dovuta sia alle asportazioni operate dalle piante che ad una possibile, seppure non dimostrata, lisciviazione di sali negli strati profondi. In conclusione, fatta eccezione per la dose 4, il terreno dopo tre anni consecutivi di trattamento con A.V non presenta valori di salinità che ne limitino l'uso.

*Sodio* - La concentrazione di sodio scambiabile risulta contenuta (E.S.P < 15%), anche alle dosi più elevate di A.V. (tab. 5). Pertanto, è ragionevole escludere, considerando anche l'elevato contenuto di CaCO<sub>3</sub> del suolo, che una distribuzione di A.V ripetuta nel tempo possa causare fenomeni di sodicazione. I risultati del sodio estratto in acqua mostrano una discreta mobilità di questo elemento lungo il profilo nei suoli trattati con le dosi D3 e D4.

Poiché il S.A.R del refluo è pari a 4.6 e la sua conducibilità a 5 mS, sulla base delle indicazioni generali per la valutazione della qualità delle acque destinate all'irrigazione (Ayers et al. (2)), si può ritenere che l'impiego di queste A.V., alle dosi considerate, non comporti limitazioni relativamente a questo parametro.

*Potassio* - In seguito alla distribuzione delle A.V. viene alterato l'equilibrio tra le varie forme di potassio presenti nel suolo con un notevole incremento di potassio scambiabile e di quello solubile in acqua (tab. 6). Parte del K determinato in soluzione e adsorbito viene solubilizzato dalla riserva del suolo probabilmente in seguito all'azione dei protoni contenuti nelle A.V. e dell'acido carbonico che si forma in seguito alla degradazione della sostanza organica. Una modesta mobilità di questo elemento lungo il profilo si rileva nelle tesi trattate con le dosi D3 e D4.

*Fosforo* - Le interazioni di natura chimica e biologica che presiedono alla mineralizzazione della sostanza organica delle A.V. favoriscono la disponibilità del fosforo nel suolo. Nel tempo si realizza un modesto aumento nella dotazione di questo elemento la cui mobilità lungo il profilo risulta modesta (tab.7) a causa della natura calcarea del suolo che induce una rapida immobilizzazione di questo elemento.

Tab. 4 - Conducibilità elettrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nell'estratto 1:5 del suolo trattato con diverse dosi di A.V.

DOSE		I ANNO			II ANNO	III ANNO
		1*	3*	7*		
D0	A	132	130	130	126	130
	B	130	130	135	125	138
D1	A	135	138	160	140	140
	B	130	133	160	132	120
D2	A	140	145	170	199	134
	B	135	140	150	200	124
D3	A	148	156	280	215	180
	B	135	143	230	140	190
D4	C	200	230	380	264	320
	A	180	195	260	210	205
	B	145	200	260	266	268

\* mesi trascorsi dalla distribuzione

A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm

C = profondità 0-5 cm

Tab. 5 - Contenuto (mg/100g) di sodio scambiabile (exch) nel suolo e nell'estratto acquoso dopo distribuzione di diverse dosi di A.V.

DOSE		I ANNO									
		1*		3*		7*		II ANNO		III ANNO	
		exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O
D0	A	ND	3.0	ND	3.0	0.6	3.0	0.5	2.3	0.6	2.1
	B	ND	2.8	ND	3.0	ND	3.0	0.3	2.5	0.3	2.8
D1	A	ND	3.0	ND	3.0	0.8	3.5	4.0	2.5	4.3	2.0
	B	0.2	2.8	0.5	4.5	0.8	3.5	4.4	2.3	3.9	1.9
D2	A	1.0	4.0	2.5	4.0	2.8	4.0	8.0	8.5	3.7	2.9
	B	1.0	3.0	ND	4.0	2.8	4.0	8.0	4.8	5.0	2.0
D3	A	1.0	8.9	2.0	11.1	2.0	10.2	10.8	8.4	7.5	5.2
	B	1.0	3.0	0.5	4.0	0.4	5.9	11.6	5.0	7.8	6.2
D4	A	5.0	13.0	5.0	15.9	5.0	11.0	14.0	8.5	13.6	1.4
	B	3.0	8.1	3.0	5.0	2.0	7.9	8.4	12.0	13.5	1.1

\* mesi trascorsi dalla distribuzione

A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm

ND = non determinabile

Tab. 6 - Contenuto (mg/100g) di potassio scambiabile (exch) nel suolo e nell'estratto acquoso dopo distribuzione di diverse dosi di A.V.

DOSE	I ANNO										
	1*		3*		7*		II ANNO		III ANNO		
	exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O	exch	H2O	
D0	A	21.5	8.5	21.5	6.5	17.5	8.5	30.0	15.0	29.0	5.0
	B	16.5	4.5	15.4	5.6	12.6	5.2	15.0	6.0	18.0	2.0
D1	A	22.1	8.0	20.3	6.4	19.1	8.9	37.2	15.0	38.0	9.5
	B	16.3	5.1	15.5	6.6	17.0	12.1	24.4	5.5	28.0	5.5
D2	A	24.2	10.2	28.4	13.5	44.6	17.5	44.8	21.0	57.0	13.5
	B	15.4	4.6	18.5	3.5	21.7	7.3	16.4	2.5	28.0	5.0
D3	A	27.3	25.2	50.5	46.4	49.3	32.5	70.0	9.0	100.0	27.5
	B	15.2	5.1	20.3	4.9	21.5	6.5	14.0	7.0	30.0	20.5
D4	A	28.2	25.0	65.1	39.9	68.0	34.1	100.8	28.5	89.0	24.5
	B	15.0	3.0	24.6	9.5	27.4	14.5	18.4	2.5	37.0	8.5

\* mesi trascorsi dalla distribuzione

A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm

Tab. 7 - Contenuto (mg/100g) di fosforo assimilabile nel suolo (ass) e nell'estratto acquoso 1:5 dopo distribuzione di diverse dosi di A.V.

DOSE	I ANNO										
	1*		3*		7*		II ANNO		III ANNO		
	ass	H2O	ass	H2O	ass	H2O	ass	H2O	ass	H2O	
D0	A	0.56	0.19	0.48	0.21	0.42	0.15	0.46	0.15	0.48	0.16
	B	0.53	0.20	0.52	0.20	0.50	0.17	0.48	0.15	0.45	0.15
D1	A	0.49	0.11	0.65	0.20	0.60	0.14	0.52	0.18	0.68	0.33
	B	0.50	0.15	0.54	0.18	0.58	0.28	0.53	0.20	0.62	0.24
D2	A	0.79	0.39	0.70	0.20	0.49	0.35	0.68	0.32	0.70	0.37
	B	0.58	0.18	0.53	0.24	0.42	0.15	0.65	0.22	0.67	0.18
D3	A	0.80	0.37	0.89	0.26	0.56	0.24	0.64	0.53	0.67	0.60
	B	0.53	0.18	0.45	0.18	0.45	0.15	0.49	0.22	0.68	0.41
D4	A	0.89	0.70	1.04	0.50	1.18	0.50	0.98	0.48	0.56	0.66
	B	0.34	0.20	0.70	0.50	0.64	0.20	0.72	0.24	0.56	0.24

\* mesi trascorsi dalla distribuzione

A = profondità 0-15 cm

B = profondità 15-30 cm.

## 2) Effetti sulla mesofauna del suolo

Gli animali che vivono nel suolo sono legati tra loro e con gli altri organismi in catene alimentari determinanti per la produttività del suolo. Tra questi, i microartropodi del suolo intervengono nei processi di decomposizione della sostanza organica, nel riciclaggio dei nutrienti ed esercitano una grande influenza nelle attività batteriche e fungine. Svolgono quindi un ruolo non secondario nel regolare il flusso di elementi nelle catene alimentari pertanto le modificazioni, nel numero e nelle specie, costituiscono un indice biologico di un'alterata situazione ambientale (Fratello et al. (5)). I dati raccolti nella tesi D1, mostrano un aumento delle popolazioni (fig. 2), in particolare di quelle degli Acari e dei Collemboli. Si registra inoltre uno spostamento dei Collemboli, in particolare della specie *Mesaphorura Krausbaueri*, normalmente presente negli strati profondi, verso gli strati superficiali interessati dalla distribuzione delle A.V. ed una contemporanea riduzione e talvolta scomparsa di alcune specie che vengono sostituite da altre, per esempio la specie *Proctostephanus Stucheni* viene completamente soppiantata da *Hipogastrura denticulata*. Con la dose 64 l/m<sup>2</sup> il numero dei microartropodi rimane immutato.

I Collemboli subiscono un decremento, ma al tempo stesso aumentano le larve e gli adulti degli insetti pterigoti. In generale si rileva una modificazione delle popolazioni

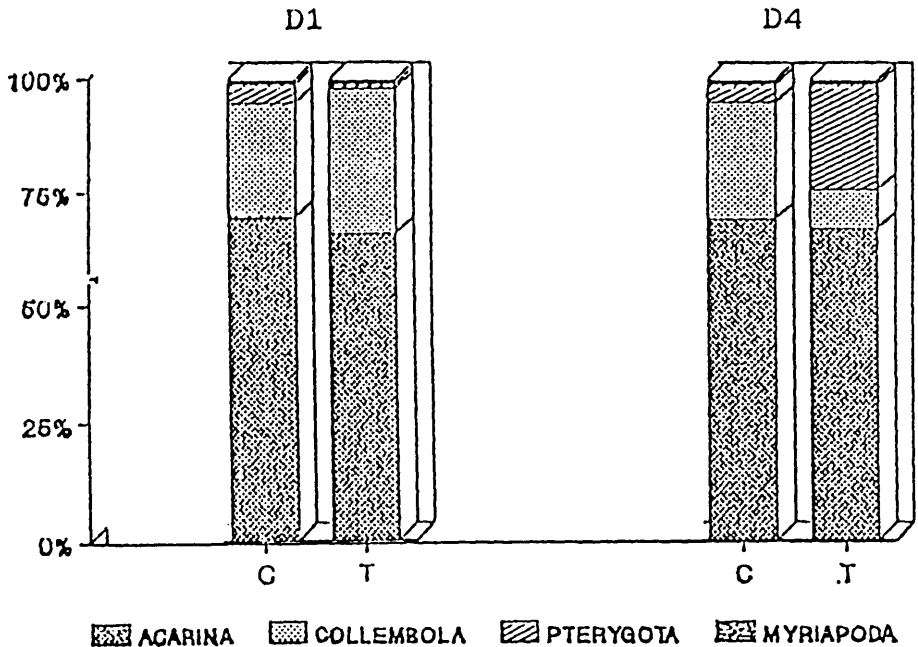


Fig. 2 - Distribuzione percentuale delle principali popolazioni di microartropodi prima (C) e dopo (T) il trattamento del suolo con le A.V.

degli strati profondi per esempio la specie *Hipogastrura denticulata* viene sostituita da 2 specie di Isotomidi *Cryptopygus Termophilus* ed *Isotoma Notabilis*. Tuttavia nonostante l'elevata quantità di refluo distribuito non si produce nel suolo una situazione ambientale che determini effetti drastici sulle biocenosi dei microartropodi. Le A.V. rappresentano pertanto una fonte di nutritivi facilmente utilizzabili e importanti per il metabolismo della mesofauna del suolo.

### 3) Effetti del refluo sulle piante

Sulle piante di vite coltivate nelle parcelle sottoposte a trattamento con reflui non sono stati rilevati sintomi di sofferenza né rallentamenti di accrescimento.

Le A.V. hanno mostrato un interessante potere erbicida per le specie erbacee infestanti, che si manifesta con intensità proporzionale alla dose di refluo distribuita. Tale potere cessa o si riduce notevolmente già dopo alcuni mesi. Osservazioni condotte dopo lo spargimento su parcelle lavorate e non lavorate, hanno permesso di rilevare un effetto fitotossico immediato su tutte le specie in attività vegetativa. Nel tempo si realizza una selezione delle specie infestanti con comparsa di specie non presenti all'inizio della sperimentazione. Dopo alcuni mesi dalla distribuzione si evidenzia un maggior rigoglio vegetativo delle specie spontanee comparse nelle tesi lavorate. Le lavorazioni del terreno inducono quindi un più rapido processo di mineralizzazione della sostanza organica con favorevoli effetti sulla crescita delle piante.

L'effetto fitotossico, limitato nel tempo, mostrato dalle A.V. potrebbe venire sfruttato per il contenimento della crescita delle erbe infestanti nei campi coltivati a specie arboree.

## CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti si può concludere che il terreno agrario, anche dopo trattamento con reflui oleari, mantiene la sua capacità di funzionare come un filtro biologicamente attivo, trattenendo le sostanze in sospensione, assorbendo i sali minerali e, attraverso la componente biotica, degradando la sostanza organica. Pertanto, può essere utilizzato per lo smaltimento e la degradazione dei reflui oleari senza produrre impatto ambientale negativo. Al contrario, si realizza un aumento della disponibilità di sostanza organica e di elementi minerali che influenzano favorevolmente la vita delle piante e della mesofauna. Sotto le condizioni pedoclimatiche di svolgimento della sperimentazione è possibile distribuire fino a 320 m<sup>3</sup>/ha di A.V. senza causare danno ambientale. Questo risultato non ha però una validità generale; è necessario infatti tener conto delle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo da trattare con le A.V. per definire la giusta quantità di reflui da distribuire al fine di evitare negative alterazioni ambientali.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) AMAT P., RINALDI A., SANJUST E., SATTA G., VIOLA A. (1986). Acque di vegetazione dell'industria olearia: materia prima o rifiuto inquinante? Riv. Merceol. 25, 183-96.
- 2) AYERS A. and WESTCOT G. (1985). Water quality for agriculture, FAO 29, Roma.
- 3) CATALANO M., GOMES T., DE FELICE M., DE LEONARDIS T., (1985). Smaltimento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari . Quali alternative alla depurazione ?. Inquinamento 27 (2), 87-90.
- 4) DE FELICE M., CATALANO M. (1988). Smaltimento delle acque di vegetazione sui terreni agrari. Atti Tav. Rotonda "Acque reflue dei frantoi oleari". Spoleto, 1988.
- 5) FRATELLO B., SABATINI M.A., MOLA L., USCIDDA C., GESSA C. (1989). Effects of agricultural practices on soil Arthropoda: organic and mineral fertilizers in alfalfa fields. Agriculture, Ecosystems and Environment 27, 227-39.
- 6) GAUR A.C., MATHUR R.S. and VARSHNEY T.N. (1970). Decomposition of different types of added organic matter in soil. Agrochimica 14, 524-32.
- 7) IPLA (1984). Metodi analitici.
- 8) LINDSAY W.L., SCHWAP A.P. (1982). The chemistry of iron in soils and its availability to plants. J. Plant Nutr. 5, 821-40.
- 9) MARTIN J.P., HAIDER K. and KASSIM G. (1980). Biodegradation and stabilization after 2 years of specific crop, lignin, and polysaccharide carbon in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 44, 1250-1255.
- 10) MELIS P., SENETTE C. (1988). Lo smaltimento delle acque reflue dei frantoi oleari. Agricoltura Informazioni 9, 1-8.
- 11) MELIS P., SOLINAS V. and SOLLAI I. (1989). : La riutilizzazione delle acque di vegetazione dell'oleificio in agricoltura. S.I.T.E. Atti 7, 739-42.
- 12) OLSEN R.A., BROWN J.C., BENNET J.H., BLUME D. (1982). Reduction of Fe(III) as it relates to Fe-chlorosis. J. Plant Nutr. 5, 433-45.
- 13) POTENZ D., RIGHETTI E., VOLPICELLA M. (1980). Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario: nota no. 3, Inquinamento 22 (2), 65-68.
- 14) POTENZ D., RIGHETTI E., BELLETTIERI A., GIRARDI F., ANTONACCI P., CALIANNI L.A., PERGOLESE G. (1985). Evoluzione della fitotossicità in un terreno trattato con acque reflue di frantoi oleari. Inquinamento, 27 (4), 49-54 (1985).
- 15) RANALLI A. (1989). Il problema dei reflui di frantoio. Aspetti tecnici e normativi. L'informatore Agrario 45, 29.
- 16) SAVIOZZI A., LEVI-MINZI R., RIFFALDI R., LUPETTI A. (1991) Effetti dello spandimento di acque di vegetazione sul terreno agrario. Agrochimica 35 : 135-146.
- 17) S.I.S.S.(1976). Metodi normalizzati di analisi del suolo. Bollettino della Società Italiana Scienza del Suolo, no.10. Ed G. Capponi, Firenze.
- 18) WANG T.S.C., SONG W.L., FERNG Y.L. (1978). Catalytic polymerization of phenolic compounds by clay minerals. Soil Sci. 126, 15-21.

Lavoro pervenuto in redazione il 19-2-1992.

Gli estratti possono essere richiesti a:

Prof. Pietro Melis, Chimica del Suolo, Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari - Via E. De Nicola - 07100 Sassari - Italy - Tel. 079/229214.