

Acque di vegetazione dei frantoi oleari

Enrico Bonari, Nicola Silvestri, Laura Ercoli

1. LA FILIERA PRODUTTIVA

Secondo recenti dati editi dall'Istat (Settore Servizio Agricoltura, anno 1998) la superficie investita ad olivo nel nostro Paese risulta pari a 1141 mila ettari, risultando la terza coltivazione per estensione, a livello nazionale, dopo le foraggere avvicendate (2000 migliaia di ettari) ed il frumento duro (1181 migliaia di ettari). Sempre secondo tali stime la produzione di olive risulta pari a 3,79 milioni di tonnellate, di cui quasi 1,6 milioni di tonnellate provenienti dalla Puglia ed oltre 0,8 milioni dalla Calabria, mentre in termini di olio prodotto, si sono raggiunti, negli ultimi anni, quantitativi compresi fra le 500 e le 700 mila tonnellate.

Tale range è in gran parte dovuto alle sensibili oscillazioni annue cui risultano affette le rese dell'olivo in dipendenza della tradizionale alternanza dei cicli fisiologici di "carica" e di "scarica", nonché dell'inevitabile alea climatica (decisiva anche nel modulare la virulenza degli attacchi parassitari, primo fra tutti quello della mosca dell'olivo). Nella campagna 2000-2001, ad esempio, l'ISMEA ha stimato una flessione nella produzione del 32% rispetto all'annata 1998-1999 (tabella 3.1).

Riguardo all'organizzazione produttiva, l'analisi dei dati evidenzia con chiarezza la forte frammentazione dell'olivicoltura italiana (tabella 3.2) che risulta caratterizzata da un'elevata presenza di aziende di piccole dimensioni, generalmente destinate a soddisfare le esigenze di autoconsumo ed una limitata incidenza di grossi olivicoltori, cui si deve invece buona parte della produzione mercantile. Tale condizione è da ricondurre sia alla particolare situazione orografica della superfici olivate (distribuite per il 67% in collina, per l'11% in montagna e per solo il 9% in pianura), sia alla scarsa mobilità fondiaria che tradizionalmente caratterizza l'agricoltura del nostro Paese.

Relativamente alla numerosità dei frantoi, le fonti informative disponibili han-

Tabella 3.1. Produzione di olio nazionale secondo le stime ISMEA-Unaprol (Fonte: ISTAT).

Regione	Produzione di olio (t)	
	Anno 1999	Anno 2001
Lombardia	721	505
Trentino Alto Adige	108	110
Veneto	1180	1062
Friuli Venezia Giulia	100	115
Liguria	2570	3341
Emilia Romagna	715	500
Toscana	19073	12397
Umbria	16235	9740
Marche	3623	2825
Lazio	34868	25329
Abruzzo	24083	16833
Molise	6381	4915
Campania	48015	42253
Puglia	313424	198525
Basilicata	15088	8426
Calabria	166056	125214
Sicilia	57262	43887
Sardegna	14787	5914
Italia	724286	492891

Tabella 3.2. Classificazione delle aziende olivicole italiane e loro distribuzione relativa nella campagna 1997/98 (Fonte: ISMEA).

Dotazione di alberi N. alberi per azienda	Distribuzione delle aziende Percento sul totale
<100	60,0
<250	26,7
>250	12,0
>1000	1,3

no riportato, nell'ultimo decennio, cifre variabili fra i 10.000 ed i 12.000 impianti in attività (rapporto Agecontrol), dato da cui deriverebbe una superficie media di "pertinenza" per frantoio di circa 100-110 ha di oliveto, con una conseguente quota di olive lavorabili pari a 230-260 t all'anno (fatte salve le annate di scarica).

Una stima delle quantità di effluenti prodotti a livello nazionale può essere derivata dall'elaborazione dei risultati raccolti nel corso del censimento sull'attività molitoria effettuato in tutte le regioni italiane (tabella 3.3). Dall'esame della tabella infatti si può osservare come la quantità annuale di acque reflue prodotte nei frantoi considerati ammonti a circa 1 milione di tonnellate.

Considerando che gli impianti censiti lavorano circa un terzo della quantità totale di olive avviate all'estrazione nel nostro Paese, ed ipotizzando che il rapporto medio tra olive lavorate e reflui prodotti si mantenga costante, si può stimare che la produzione di reflui oleari si attesti attorno ai 3 milioni di tonnellate per anno.

Tabella 3.3. Censimento dell'attività molitoria effettuato nell'ambito del Progetto Riciclo dei Reflui del Sistema Agricolo-Industriale, Sottoprogetto Reflui Oleari. I dati riportati sono aggiornati alla campagna olearia 1997/98.

Regione	Frantoi operanti		Frantoi rilevati		
	Numero	Quantità di olive molite t	Numero	Quantità di olive molite t	Quantità di acque reflue
Abruzzo	527	146.636,1	303	67.320,9	40.166,3
Basilicata	183	62.837,5	73	22.087,9	15.907,6
Calabria	1303	1.002.249,7	491	279.880,9	243.670,1
Campania	583	227.083,7	291	100.315,6	74.590,7
Emilia Romagna	25	5.268,7	12	2.537,2	1.667,5
Friuli Venezia Giulia	3	318,4			0,0
Lazio	398	167.895,3	220	66.829,6	56.159,4
Liguria	186	11.728,2	96	13.361,5	11.026,7
Lombardia	23	3.131,4	8	976,8	693,3
Marche	154	20.911,2	89	12.907,5	7.784,9
Molise	144	32.654,3	75	14.844,0	8.371,8
Puglia	1234	1.584.624,8	628	435.568,7	371.269,0
Sardegna	128	89.119,5	53	31.462,4	30.939,8
Sicilia	693	304.721,2	360	115.417,8	105.179,6
Toscana	417	98.894,6	225	54.027,6	45.395,7
Trentino Alto Adige	2	613,2			0,0
Umbria	270	36.821,1	157	22.770,4	17.451,5
Veneto	35	5.776,2	26	6.105,0	4.733,0
Totale	12579	3.801.285,3	6214	1.246.413,8	1.035.006,9

2. IL PROCESSO TECNOLOGICO

Le tecnologie estrattive utilizzate influenzano tutti i prodotti dell'industria olivaria, rivestendo particolare importanza proprio nella caratterizzazione sia quantitativa che qualitativa delle acque reflue. In generale si può affermare che dal frantoio si originano, oltre naturalmente all'olio, due tipologie di sottoprodotto distinguibili in ordine alla rispettiva fase fisica: le sanse vergini, di consistenza più o meno solida derivanti dalla polpa delle olive, e le acque di vegetazione, di formulazione liquida, costituite essenzialmente dalle acque di lavaggio e da quelle di processo, oltre che dalla frazione acquosa dei succhi della drupa.

Le sanse rappresentano in un certo senso un'ulteriore fonte di reddito per i frantoiani, che usualmente le conferiscono con profitto ai sansifici (dove vengono

sfruttate per l'estrazione dell'olio di sansa e l'ottenimento della sansa esausta, impiegata come combustibile). Le acque di vegetazione, invece, secondo la normativa vigente (Legge 574/96), devono essere smaltite mediante lo spargimento sul terreno agrario.

In estrema sintesi, l'estrazione dell'olio è realizzata attraverso la frantumazione delle drupe fino alla loro riduzione in pasta dalla quale, mediante l'adozione di opportune tecnologie di separazione, si giunge all'isolamento dell'olio dai relativi sottoprodotti. Analizzando più in dettaglio il processo appena descritto si possono distinguere le fasi di stoccaggio, defogliazione e lavaggio, gramolatura, estrazione del mosto oleoso e separazione dell'olio.

Stoccaggio. Le olive poste in olivaio vengono conservate al fresco, ben aerate, possibilmente al riparo dalla luce e da fonti di calore. Questa fase deve essere particolarmente curata per prevenire problemi di deterioramento delle drupe (surrisaldamento, ammaccatura, insorgenza di muffe o di fermentazioni, ecc.).

Defogliazione e lavaggio. Questa operazione, eseguita mediante l'uso di vibro-vagli accoppiati spesso ad aspiratori, è necessaria per evitare l'accumulo di foglie o di altri scarti vegetali, ma anche per allontanare eventuali corpi estranei (terra, pietre, residui legnosi, ecc.) presenti nella massa da lavorare. L'operazione di lavaggio, consigliata per migliorare l'aspetto e la sanità delle drupe raccolte da terra, può risultare dannosa se effettuata su olive in avanzato stato di maturazione a causa del più facile disfacimento della cuticola dei frutti a contatto con l'acqua.

Molitura o frangitura. La molitura delle olive ha lo scopo di ottenere una pasta omogenea la cui consistenza dipende sostanzialmente dal grado d'umidità che le caratterizza. Viene effettuata utilizzando le classiche molazze in pietra oppure il frangitore. Le prime, operando lo schiacciamento della massa attraverso il movimento rotatorio di una macina, ne facilitano anche il rimescolamento. Con la frangitura, invece, si opera un'istantanea rottura della polpa e del nocciolo mediante una ghiera forata dove l'oliva viene spinta con violenza.

Gramolatura. Con la gramolatura la pasta di olive viene continuamente rimescolata allo scopo di facilitare la fuoriuscita dell'olio. Il tempo necessario è di 30' circa, se associato alla molitura, ma può anche protrarsi fino ad oltre 60' se invece segue la frangitura. Il maggior tempo di rimescolamento ed il conseguente aumento della temperatura di esercizio se da un lato determinano un incrementano della resa in olio, dall'altro, possono comportare uno scadimento qualitativo del prodotto a causa dell'esaltazione dei processi termo-ossidativi responsabili della diminuzione di polifenoli e vitamina E e dell'incremento dei perossidi.

Estrazione del mosto oleoso e separazione dell'olio. La separazione solido-liquido può essere realizzata attraverso due principali sistemi di estrazione.

- Sistema discontinuo o per pressatura: è quello più tradizionale, in cui la separazione delle due fasi, solida e liquida, avviene per mezzo di presse verticali che, grazie alla notevole pressione applicata e all'utilizzo di speciali dischi

(fiscoli), favoriscono la fuoriuscita del mosto oleoso;

- Sistema continuo o centrifugo: prevede il ricorso ad una centrifuga orizzontale, il decanter, che consente la separazione del mosto oleoso dalla sansa in relazione alla diversa densità dei due materiali.

L'ulteriore lavorazione del mosto oleoso ha lo scopo di consentire la separazione delle acque di vegetazione dall'olio, ma anche quello di allontanare gli eventuali materiali grossolani (residui di pasta o mucillagini) ancora presenti. Nel sistema tradizionale l'estrazione può avvenire per decantazione all'interno di apposite vasche o, più comunemente, per separazione centrifuga. I processi tradizionali di molitura richiedono quantità di acqua variabile tra 40 e 120 litri per quintale di olive molite, da aggiungere in fase di gramolatura, generando una notevole quantità di refluo.

Nel caso di impianti continui invece il mosto oleoso in uscita dal decanter viene automaticamente avviato ad un separatore centrifugo. Questo sistema di estrazione, oggi conosciuto anche come sistema "a tre fasi", provvede alla separazione iniziale della sansa dalla pasta di olive e, in un secondo momento, all'allontanamento dell'acqua di vegetazione dall'olio. Limitato successo hanno avuto invece, almeno nel nostro Paese, i sistemi di separazione "a due fasi" dove, già a livello del decanter, la pasta è scissa in olio e sansa umida (una miscelanza di sanse e acque di vegetazione). Il più elevato contenuto in olio che permane nel refluo e l'elevato tasso di umidità che caratterizza le sanse (55-65%), rende infatti tale materiale poco appetito dai sansifici e nello stesso tempo poco adatto allo smaltimento sul terreno agrario per l'eccessivo contenuto in sostanze grasse. Lavorando, invece, a tre fasi, si ottengono sanse con umidità accettabile (48-54%) ed elevate quantità di acqua di vegetazione che con i decanter di ultima generazione (a risparmio d'acqua e cono corto) possono però essere significativamente ridotte.

L'esigenza di migliorare la qualità dell'olio ha spinto a considerare anche l'opportunità di ridurre o eliminare del tutto l'aggiunta di acqua di processo, determinando una drastica contrazione dei quantitativi di acque di vegetazione prodotte (tabella 3.4). L'importante è che l'umidità, durante il processo di estrazione centrifuga, non scenda mai al disotto del 50%; si procede dunque a limitati apporti liquidi (10÷20 kg per 100 kg di olive) se la pasta olearia ha un'umidità iniziale del 40÷45%, mentre non è prevista alcuna aggiunta d'acqua, se le olive presentano un'umidità del 50% o superiore.

In ogni caso l'evoluzione della tecnologia di estrazione verso sistemi di lavorazione che eseguono il processo in modo automatico, senza il bisogno del diretto intervento dell'uomo, sta determinando progressivamente una sensibile riduzione dell'impiego degli impianti a pressione caratterizzati da un'elevata richiesta di manodopera. La tendenza è dunque quella di affidarsi ad impianti continui che puntino all'utilizzo del sistema centrifugo per la separazione delle fasi, eventualmente associato con altri metodi di estrazione (impianti misti a doppia estrazione).

Tabella 3.4. Produzione di acque reflue con le diverse tecnologie di estrazione (da Amirante, 1999).

Tecnologia di estrazione	Olive	Acqua aggiunta	Sansa	Acque di vegetazione
Due fasi tradizionale	100	0-10	75-80	-
Tre fasi tradizionale	100	50	55-57	80-110
Tre fasi a risparmio d'acqua	100	10-20	56-60	33-35

Attualmente, fra le tecnologie di estrazione sembra ancora prevalere, seppur di poco, la frangitura a pressione, che è adottata nel 52% circa degli impianti di trasformazione attivi sul territorio nazionale. Nelle regioni del centro-nord tale valore scende significativamente, ma la situazione si inverte nel meridione dove prevalgono nettamente i tradizionali impianti a ciclo discontinuo: 55% in Puglia, 68% in Sicilia ed addirittura 94% in Sardegna.

3. LE CARATTERISTICHE DEI REFLUI OLEARI

Le acque di vegetazione presentano una colorazione scura che può arrivare sino al nero e sono caratterizzate da un odore tipico, piuttosto intenso, che ricorda quello della drupa da cui derivano. Sono costituite sostanzialmente di una soluzione acquosa di sostanze organiche (in particolare di zuccheri riduttori, ma anche acidi organici, polialcoli) e minerali (potassio, fosforo, calcio) che può contenere in sospensione del materiale solido vegetale sfuggito nella fase di separazione del mosto oleoso.

La progressiva sostituzione dei frantoi tradizionali a pressione con i nuovi sistemi a estrazione centrifuga ha determinato delle modifiche nelle caratteristiche dei sottoprodotti, la più macroscopica delle quali riguarda l'incremento dell'umidità delle sanse ed una maggiore diluizione (fino a quattro volte superiore) della componente solida presente nelle acque di vegetazione. Per questo motivo la legge vigente (574/96) prevede dosi massime diversificate a seconda del metodo di estrazione adottato: 50 m³ ha⁻¹ le acque di vegetazione prodotte da impianti a ciclo tradizionale e 80 m³ ha⁻¹ per acque di vegetazione originate da impianti a ciclo continuo.

In tabella 3.5 sono riportati i valori dei parametri fisico-chimici caratterizzanti le acque di vegetazione provenienti dai due processi di estrazione dell'olio (Di Giovacchino et al., 1988), che da un'accurata ricerca sono risultati sostanzialmente

Tabella 3.5. Caratteristiche chimico-fisiche delle acque di vegetazione provenienti dai due processi di estrazione dell'olio (da Di Giovacchino et al., 1988).

Parametro	Sistema di estrazione	
	Pressione	Centrifugazione
pH	5,27	5,23
Estratto secco (g L ⁻¹)	129,7	61,1
Peso specifico	1,049	1,020
Olio (g L ⁻¹)	2,26	5,78
Zuccheri riduttori (g L ⁻¹)	35,8	15,9
Polifenoli totali (g L ⁻¹)	6,2	2,7
Ceneri (g L ⁻¹)	20,1	6,4
COD (g O ₂ L ⁻¹)	146	85,7
BOD ₅ (g O ₂ L ⁻¹)*	90,2	28,7

* da Pacifico, 1986.

in linea con gli altri dati ricavabili dalla vasta letteratura esistente.

Le acque di vegetazione, a causa del contenuto di acidi organici presenti nelle olive (in particolare acido malico e citrico), hanno una reazione da sub-acida ad acida e presentano valori di pH compresi tra 4,5 e 5,9. Tali oscillazioni sono da attribuire alla varietà, al periodo di maturazione ed alla durata dello stoccaggio delle olive, mentre in generale il pH risulta scarsamente influenzato dal sistema di estrazione prescelto.

Come già spiegato, le acque di vegetazione prodotte dai sistemi a centrifugazione possiedono, rispetto a quelle derivanti dai sistemi a pressione, un più basso residuo secco per unità di volume.

Le acque di vegetazione residue dal sistema a centrifugazione presentano, rispetto a quelle per pressatura, un quantitativo di olio maggiore. Ciò è dovuto al fatto che le acque di centrifugazione contengono in sospensione una certa quantità di minuti frammenti vegetali di polpa di olive che, durante il processo di frangitura, il decanter trasferisce dalla sansa al refluo liquido.

Relativamente al contenuto in zuccheri riduttori, si riscontra un'estrema variabilità dei dati riportati in letteratura, dovuta all'influenza esercitata su questo parametro dal grado di maturazione delle olive, dallo stato sanitario e dalle condizioni di stoccaggio, dalla varietà, oltre naturalmente alla diversa tecnologia estrattiva. Gli zuccheri riduttori presenti sono costituiti essenzialmente da glucosio (90% c.a.) e fruttosio (10% c.a.).

Anche il tenore di sostanze fenoliche è funzione della varietà, dallo stato di maturazione, dello stoccaggio e del degrado che le olive possono aver subito fra la raccolta e la spremitura. Esso risulta comunque particolarmente influenzato dalla tecnologia estrattiva e, per quanto fortemente variabile, il valore medio del contenuto in polifenoli totali appare dell'ordine dei 6 g L⁻¹ per le acque di pressione e di circa la metà per quelle da centrifugazione.

Il contenuto medio in ceneri varia in valore percentuale dallo 0,6 al 2% rispettivamente per le acque da impianti a centrifugazione e a pressione. Le diverse indagini svolte evidenziano unanimemente che il potassio è l'elemento minerale maggiormente presente (con valori medi di oltre 2000 mg L⁻¹ per impianti a pressione e di circa la metà per quelli a centrifugazione), seguito dall'azoto (544-404 mg L⁻¹), dal fosforo (485-185 mg L⁻¹) e da altri microelementi con concentrazioni più modeste.

I valori del COD (Chemical Oxygen Demand), così come pure quelli del BOD₅ (Biological Oxygen Demand), risultano comunque molto elevati, anche se decisamente maggiori per le acque di vegetazione residue dagli impianti tradizionali (150 grammi O₂ L⁻¹ il COD e 90 grammi O₂ L⁻¹ il BOD₅ contro 90 grammi O₂ L⁻¹ il COD e 30 grammi O₂ L⁻¹ il BOD₅ delle acque originate da impianti centrifughi).

Bisogna tenere presente che, durante lo stoccaggio nelle vasche di raccolta, ove il refluo sosta per tempi più o meno lunghi prima dello spargimento, la concentrazione di alcuni componenti organici facilmente fermentescibili può diminuire anche notevolmente, per l'azione dei microrganismi aerobi ed anaerobi in grado di decomporli. Il pH generalmente aumenta, mentre il BOD₅ diminuisce, così come la quantità di solidi sospesi - che tendono a sedimentare - e l'estratto etereo, se si provvede al recupero delle sostanze grasse (olio) affioranti.

Poche informazioni sono invece reperibili circa la caratterizzazione microbiologica dei reflui oleari. Dalle analisi sinora eseguite su acque di vegetazione di diversa provenienza emerge che la popolazione microbica è prevalentemente costituita da batteri; tra questi, i più numerosi sono i cellulolitici mentre risultano assenti i nitrificanti. Anche se in numero minore, sono presenti lieviti e funghi, molti dei quali pectinolitici, mentre risultano assenti gli attinomiceti.

4. L'IMPIEGO DEI REFLUI IN AGRICOLTURA

Le acque di vegetazione sono state per lungo tempo considerate un refluo fra i più inquinanti nell'ambito dell'industria agro-alimentare e pertanto la consuetudine di procedere al loro spargimento, tal quale, sul terreno agrario è stata inizialmente ostacolata. Infatti oltre ad un elevato carico organico, le acque di vegetazione presentano anche una bassa biodegradabilità (il rapporto BOD₅/COD è mediamente uguale a 0,25-0,30) a causa della presenza di polifenoli ad attività antimicrobica.

Tuttavia, dall'esame della letteratura, risulta che questi reflui non sembrano possedere un'effettiva tossicità e tutt'al più possono provocare qualche effetto indesiderato, comunque temporaneo, sulla funzionalità degli agroecosistemi interessati al loro sversamento (Cini e Regis, 2000).

La distribuzione diretta sul terreno agrario delle acque di vegetazione rappresenta dunque la via preferenziale per procedere al loro recupero, e ciò sia per mo-

tivi di ordine economico che per esigenze di tipo agro-ecologico. Per questo motivo le acque di vegetazione sono regolamentate da una specifica legislazione.

Le indagini sinora condotte hanno infatti messo in risalto l'incremento della frazione umica del terreno ed un arricchimento nella dotazione in elementi nutritivi conseguenti alla somministrazione di dosi crescenti di acque di vegetazione fra 40 e 160 m³ ha⁻¹ (Potenz et al., 1985; Bonari, 1990; Saviozzi et al., 1991; Levi-Minzi et al., 1992), mentre numerosi studi realizzati su diverse colture agrarie con quantitativi di reflui analoghi ai precedenti non hanno quasi mai evidenziato significativi effetti depressivi sulla produttività delle stesse (Catalano, 1989; Di Giovacchino e Seghetti, 1990; Cicolani et al., 1993; Bonari et al., 1993; Bonari e Ceccarini, 1994, Bonari et al., 2001).

In particolare, i risultati reperibili in letteratura, possono essere riassunti secondo tre grandi categorie di colture:

- colture primaverili-estive (in particolare mais e girasole): per tali colture lo spandimento delle acque di vegetazione avviene su terreno nudo, ma risulta importante la durata del periodo di tempo intercorrente fra la distribuzione e la successiva semina;
- cereali autunno-vernini (frumento e orzo): lo spandimento delle acque di vegetazione avviene sulle colture in atto e l'effetto è fortemente influenzato dallo stadio vegetativo della pianta;
- colture arboree (in particolare olivo): l'ostacolo maggiore è rappresentato dalle pendenze che spesso rendono impraticabile o rischiosa (per problemi di erosione, ruscellamento o trafficabilità) la pratica dello spandimento.

Sulle colture erbacee infatti, sia spontanee che coltivate, è stato riscontrato un effetto antigerminello conseguente alla somministrazione dei reflui oleari sul terreno qualora il periodo intercorrente fra la distribuzione e la semina fosse inferiore a 40 giorni (Bonari e Ceccarini, 1994), od ancora più breve (Di Giovacchino e Seghetti, 1990). Per le colture primaverili-estive non si dovrebbero presentare particolari problemi al riguardo, dal momento che la produzione dei reflui oleari si concentra nei mesi invernali e quindi il loro spargimento avviene molto tempo prima dell'impianto della coltura.

Per quanto concerne le specie erbacee autunno-vernine, che nel periodo in cui si deve provvedere alla distribuzione si possono trovare già in campo, la situazione invece è più delicata. In generale la somministrazione delle acque di vegetazione su colture in atto può avvenire solo in fase di accestimento o pre-accestimento, e ciò essenzialmente per motivazioni di ordine pratico (deve essere possibile l'ingresso nel campo dei carribotte senza che ciò rechi danni diretti alle piante); cosicché si può registrare una lieve diminuzione delle rese, ma solo per dosi superiori ai 50-80 m³ ha⁻¹ (Bonari e Ceccarini, 1994; Raglione et al., 1997).

I risultati delle prove di spandimento sulle colture arboree, di cui la bibliografia si dimostra piuttosto povera, non fanno registrare generalmente fenomeni di

fitotossicità sulle piante trattate (Raglione e D'Ambrosio, 2001). Le indagini sono state condotte prevalentemente su oliveti, sia su esemplari adulti che su alberi giovani, saggiando i possibili effetti negativi sull'habitus vegetativo, su alcuni parametri fisiologici e sulla produttività (Proietti et al., 1988; Catalano, 1989). In taluni casi è stato addirittura riscontrato un effetto positivo sulla capacità di controllo delle infestanti, ma solo a dosi elevate (Bonari e Ceccarini, 1993). Qualora si operi su terreni più o meno declivi, la possibilità di procedere allo spargimento deve essere comunque ben ponderata, in quanto il rischio di innescare processi erosivi potrebbe risultare, come già ricordato, tutt'altro che trascurabile.

Rispetto invece alle possibili conseguenze sulle caratteristiche del terreno, il significativo contenuto in elementi nutritivi quali il potassio (sotto forma di ossido) e il fosforo (come anidride fosforica) ha suggerito, già in passato, l'ipotesi di utilizzare i reflui oleari come fertilizzanti. A ciò si deve aggiungere poi il contributo in nutrienti derivante dalla mineralizzazione della frazione organica contenuta negli effluenti, la cui disponibilità è da mettere in relazione all'attività della flora microbica tellurica, anche se non va trascurato il contributo attribuibile ai microrganismi già presenti nel refluo (Ramos-Cormenzana, 1986).

Risulta evidente che le concentrazioni degli elementi variano sostanzialmente in relazione al metodo di estrazione adottato: nel caso di impianti continui infatti, a causa delle maggiori quantità di acqua di processo utilizzate rispetto agli impianti tradizionali, tutte le concentrazioni risultano pressoché dimezzate; ma anche nel caso di reflui originati adottando soluzioni tecnologiche simili il contenuto in N, P e K può risultare estremamente variabile (tabella 3.6).

In generale, comunque, l'apporto di reflui oleari provoca un aumento del contenuto in azoto totale e fosforo assimilabile e potassio scambiabile, correlato alla dose di applicazione (Potenz et al., 1985; Saviozzi et al., 1991; Levi-Minzi et al., 1992; Pagliai et al., 2001).

Tabella 3.6. Concentrazione elementi nutritivi nei reflui provenienti dai diversi cicli di lavorazione.

Parametro	Ciclo di lavorazione	
	Tradizionale	Continuo
Azoto organico (mg L ⁻¹)	154-1106	140-966
Fosforo totale (mg L ⁻¹)	157-915	42-495
Sodio (mg L ⁻¹)	38-285	18-124
Calcio (mg L ⁻¹)	58-408	47-200
Potassio (mg L ⁻¹)	1500-5000	630-2500

Questi risultati mettono in rilievo come l'azoto ed il fosforo, anche se apportati in piccole quantità (la dose di 50 di m³ ha⁻¹ di acque di vegetazione residue da impianti tradizionali apportano circa 25 kg ha⁻¹ di P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ di N organico), interagiscano intensamente con i processi biologici che nel suolo influenzano la disponibilità o l'immobiliz-

zazione dei vari elementi.

In particolare, il fosforo presente nei reflui, essendo di natura organica sembra in grado di determinare un aumento della frazione assimilabile (Papini et al., 2000). L'azoto totale, invece, subisce un incremento che si prolunga nel tempo, dovuto in parte all'immobilizzazione dell'azoto minerale per la sintesi di nuova biomassa da parte dei microorganismi del suolo (Jensen, 1994) ed in parte all'effetto inibitorio sulla mineralizzazione (Bremner e McCarty, 1993).

Infine l'incremento della dotazione di potassio nel terreno, in considerazione della concentrazione del nutriente nel refluo, si può registrare anche con apporti unitari modesti di acque di vegetazione (la dose di 25 di $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ di acque di vegetazione residue da impianti tradizionali apporta circa 80 kg ha^{-1} di K_2O); in genere l'incremento dell'elemento interessa la forma solubile che si mantiene più elevata rispetto al testimone per tempi piuttosto lunghi.

Sensibile può risultare anche l'incremento del carbonio organico, soprattutto quando le acque sono somministrate alle dosi massime. A questo proposito però si deve precisare che i reflui provenienti da ciclo tradizionale contengono in media il 5,0-5,5% di sostanze organiche (rappresentate essenzialmente da olio = 1,3%, zuccheri = 1,5%, polialcoli = 1,1%, polifenoli = 0,6%, pectine e mucillagini = 0,3%, sostanze azotate = 0,3%), ma tale componente è in buona parte labile e quindi, una volta distribuita al suolo, va incontro a processi di mineralizzazione e polimerizzazione ossidativa piuttosto rapidi, mentre solo una piccola frazione (polifenoli e poliossi) è destinata ad una demolizione più lenta (Pagliai et al., 2001).

È corretto quindi attribuire alle acque di vegetazione un effettivo valore fertilizzante che risulta nettamente superiore al loro costo di distribuzione (Bonari, 1996; Bonari e Ceccarini, 1997).

Trascurabile invece si dimostra la loro utilità quale possibile fonte complementare per l'irrigazione delle colture, sia perché la campagna olearia si svolge in un periodo (ottobre-marzo) usualmente non caratterizzato da condizioni di deficit idrico nella grande maggioranza delle aree agricole del nostro Paese, sia perché le norme vigenti prescrivono l'incorporazione dei reflui nel terreno, operazione che risulterebbe problematica da effettuare con la coltura in atto e sia infine perché le dosi massime consentite (50 e $80 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$) sono comunque troppo basse per fornire un contributo significativo alla nutrizione idrica delle colture.

Per quanto riguarda invece i possibili inconvenienti legati allo sversamento dei reflui oleari nei campi coltivati si deve ricordare senz'altro l'abbassamento dei valori di pH del terreno, che risulta in genere proporzionale alla dose somministrata; tali effetti tendono però ad attenuarsi nel tempo fino ad annullarsi pochi mesi dopo lo spandimento (Bonari e Ceccarini, 1991; Riffaldi et al., 1992); una dinamica analoga sembra riscontrarsi anche per gli indici BOD5 e soprattutto COD, i cui valori tendono a riassetarsi su quelli del testimone non trattato entro breve tempo (Saviozzi et al., 1993, Bonari, 1996).

Preoccupa anche la carica in polifenoli totali, di cui è nota l'azione antimicrobica in grado di rallentare i processi di trasformazione e di biodegradazione del refluo. Tali effetti risultano però limitati nel tempo e rilevanti solamente nel caso di trattamenti effettuati con dosi massicce e/o qualora l'intervallo di tempo intercorrente fra lo spandimento e la semina della coltura successiva risulti troppo breve. Infatti la loro persistenza è limitata; si ritiene infatti che, alle dosi normalmente distribuite, nel terreno agrario siano demoliti nel giro di pochi mesi (Saviozzi et al., 1990, 1991; Riffaldi et al., 1992, Alianello, 2001).

Anche i pericoli di contaminazione delle falde sono sostanzialmente limitati e solo in terreni particolarmente sciolti e in caso di stagione molto piovosa possono essere effettivamente traslocati negli strati più profondi del suolo.

Da quanto detto si evince che i problemi connessi con la presenza dei polifenoli nel terreno non è tanto legata ad un'azione tossica diretta nei confronti delle piante, quanto agli effetti antiossidanti e batteriostatici, che possono influenzare i cicli dei nutrienti organici e minerali presenti nel terreno.

Infine i dati disponibili in letteratura circa l'effetto della somministrazione delle acque di vegetazione sulle caratteristiche fisiche del terreno sono poco estesi. Riguardo alla porosità, considerato l'indicatore principale delle qualità strutturali dei suoli, si assiste ad un generale miglioramento del sistema dei pori (Belloni et al., 1994) e quindi delle caratteristiche idrologiche del terreno anche grazie all'incremento della frazione organica nel suolo ed all'accresciuta stabilità degli aggregati (Pagliai et al., 2001). Solo in condizioni di saturazione del suolo a seguito di abbondanti precipitazioni è stata osservata un'azione negativa dello spargimento dei reflui per effetto della riduzione della macroporosità determinata dall'occlusione degli spazi vuoti operata dalla frazione lipidica in essi contenuta (Ranalli e Strazzullo, 1995). In questo caso la scelta del tipo di lavorazione e la cautela nella determinazione delle dosi e del periodo di distribuzione dei reflui possono contribuire non poco ad alleviare tale inconveniente.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le acque di vegetazione risultano sostanzialmente prive di qualsiasi sostanza pericolosa (agenti patogeni, metalli pesanti, ecc.) ed il problema di una loro corretta utilizzazione agronomica riguarda quasi esclusivamente alcuni dei componenti organici caratterizzati da una spiccata azione antimicrobica e/o da una bassa biodegradabilità (polifenoli).

Le prove di spandimento delle acque di vegetazione sui terreni agricoli per saggiarne le conseguenze sulle colture hanno dimostrato che, per i dosaggi consentiti dalla legge (50-80 m³ ha⁻¹ come valore massimo), non si riscontrano fenomeni di fitossicità, né si corre il rischio di avvicinare i limiti di "caricabilità" per i

metalli pesanti o i quantitativi massimi consigliati per la somministrazione di azoto, già discussi in precedenza.

Ciononostante l'impiego delle acque di vegetazione in agricoltura deve rispondere a criteri di razionalità in relazione alle quantità, ai tempi, alle modalità dello smaltimento nonché (e soprattutto) ed alle particolari condizioni del sito destinato a riceverle: falda non inferiore ai 10 m di profondità, distanza di rispetto dai centri abitati e dalle aree di captazione delle acque potabili, esclusione dei terreni con colture ortive in atto, gelati, innevati, inondati o saturi d'acqua. Si tratta dunque di valutare con attenzione le quantità complessivamente prodotte nell'areale di riferimento, la maggiore o minore ampiezza del periodo di raccolta delle olive (e quindi della conseguente dinamica di formazione) e le caratteristiche agropedo-climatiche prevalenti del territorio interessato.

Le sperimentazioni effettuate hanno comunque evidenziato che i problemi agronomici legati al loro impiego sono limitati e possono essere facilmente risolti, purché vengano osservate alcune semplici regole comportamentali relative alle dosi ed alle epoche di distribuzione (tabella 3.7).

Tabella 3.7. Quadro riassuntivo dell'epoca di trattamento consigliata e volumi ottimali di A.V. per le principali colture agrarie.

Coltura	Fase trattamento	Dose A.V.
Cereali autunno-vernini	accestimento/ rotazione	< 40 m ³ /ha se umidità < 60% limiti di legge se umidità > 60%
Colza	rosetta/ rotazione	< 40 m ³ /ha se umidità < 60% limiti di legge se umidità > 60%
Mais	pre-semina	Limiti di legge
Girasole	pre-semina	Limiti di legge
Barbabietola	-	Trattamento sconsigliato
Prati di leguminose	pre-emergenza/ ricaccio	Limiti di legge
Prato pascolo	dicembre-gennaio	Limiti di legge
Olivo	dormienza	Limiti di legge Evitare aree molto acclivi (>15%)
Vite	dormienza	Limiti di legge Evitare aree molto acclivi (>15%)

6. BIBLIOGRAFIA

- Agecontrol, 1998. Rapporto Agecontrol: Campagna oleicola 1997/98 Agecontrol S.p.A. – Roma, 1998.
- Alianello F., 2001. Effetti della somministrazione di acque reflue di frantoi oleari sulle caratteristiche chimiche e biochimiche del suolo. Progetto editoriale PANDA “I sottoprodotti dei frantoi oleari”, vol. 3, pp.29-40; Ed. L'Informatore Agrario.
- Amirante, P., 1999. Utilizzazione e smaltimento dei sottoprodotti dell'estrazione olearia e relative problematiche di impatto ambientale. Atti del “Seminario internazionale sulle innovazioni scientifiche e loro applicazione in agricoltura ed in elaiotecnica”, Firenze 10-12 marzo, 45 pp.
- Belloni P., Mazzoncini M., Bonari E., Ceccarini L., 1994. Effetti della somministrazione di diverse dosi di acqua di vegetazione su alcune caratteristiche fisiche del terreno. Estratto da: “Le centrifughe a due fasi nell'estrazione dell'olio di oliva: problematiche, prospettive qualitative e implicazioni della utilizzazione dei sottoprodotti”. Spoleto, 28 Ottobre 1994; pp.147-149.
- Bonari E., 1990. Primi risultati sperimentali sullo spargimento di acque di vegetazione sul terreno agrario in Toscana. Atti del Seminario Internazionale “Olio di oliva e olive da tavola: tecnologia e qualità”: Città Sant'Angelo, Pescara, 25-28 aprile 1990.
- Bonari E., Ceccarini L., 1991. Spargimento delle acque di vegetazione dei frantoi sul terreno agrario; L'informatore agrario, 13:49-57.
- Bonari E., Ceccarini L., 1993. Sugli effetti dello spargimento delle acque di vegetazione sul terreno agrario: risultati di una ricerca sperimentale. Genio Rurale, 5:60-67.
- Bonari E., Ceccarini L., 1994. Aspetti agronomici dello smaltimento dei sottoprodotti dell'industria olearia. Atti del convegno : “Le centrifughe a due fasi nell'estrazione dell'olio di oliva: problematiche, prospettive qualitative e implicazioni della utilizzazione dei sottoprodotti”. Spoleto, 28 Ottobre 1994; pp. 83-90.
- Bonari, E., 1996. Aspetti agronomici dello spargimento dei residui dei frantoi oleari. Atti del convegno “L'utilizzo dei residui dei frantoi oleari” - Viterbo 12 aprile:49-54.
- Bonari, E., Ceccarini, L., 1997. Aspetti agronomici dello smaltimento dei sottoprodotti dell'industria olearia. POSTER presentato al Convegno “Le centrifughe a due fasi nell'estrazione dell'olio d'oliva: problematiche, prospettive qualitative e implicazioni della utilizzazione dei sottoprodotti”, Spoleto 28.10.1994
- Bonari E., Giannini C., Ceccarini L., Silvestri N., Tonini M., Sabbatici T., 2001. Spargimento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari su terreno agrario. L'Informatore Agrario: “Riciclo dei reflui oleari”, supplemento numero 1 al numero del 21-27 dicembre 2001.

- Catalano M., 1989. Utilizzazione delle acque reflue come fertilizzante. Seminario internazionale su: "Trattamento Acque reflue Oleifici. Lecce, 16-17 novembre 1989.
- Cicolani B., Seghetti L., D'Alfonso S., Di Giovacchino L., 1993. Spargimento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari su terreno coltivato a grano: effetti sulla pedofauna. *L'Informatore Agrario*, 34:69-75.
- Cini E, Regis F., 2000. Smaltimento-recupero delle acque di vegetazione dei frantoi oleari. Da "Smaltimento e riutilizzo dei reflui dai frantoi". Ed.ARSIA-Regione Toscana.
- Di Giovacchino L., Mascolo A., Seghetti L., 1988. Sulle caratteristiche delle acque di vegetazione delle olive. *La Rivista delle Sostanze Grasse*. Vol. LXV, Luglio 1988.
- Di Giovacchino L., Seghetti L., 1990. Lo smaltimento delle acque di vegetazione delle olive su terreno agrario destinato alla coltivazione di grano e mais. *L'Informatore Agrario*, 45:58-62.
- Istat (<http://www.istat.it/>). Statistiche on line: settore agricoltura . Vari anni.
- Levi-MinzR., Saviozzi A., Riffaldi R., Falzo L., 1992. L'epandage au des margines: effects sur les propri  t   du sol. *Olivae, Agron*, 6:235-239.
- Pagliai M., Pellegrini S., Vignozzi N., Papini R., Mirabella A., Piovanelli C., Gamba C., Miclaus N., Castaldini M., De Simone C., Pini R., Pezzarossa B., Sparvoli E., 2001. Influenza dei reflui oleari sulla qualit   del suolo. *L'Informatore Agrario*: "Riciclo dei reflui oleari", supplemento numero 1 al numero del 21-27 dicembre 2001.
- Papini, R., Pellegrini, S., Vignozzi, N., Pezzarossa, B., Pini, R., Ceccarini, L. Pagliai, M., Bonari, E., 2000. Impatto dello spargimento di reflui oleari su alcune caratteristiche chimiche e fisiche del suolo. Atti 18° Convegno Nazionale SI-CA, Catania 20-22 settembre, 203-212.
- Potenz D., Righetti E., Bellettieri A., Girardi F., Antonacci P., Calianno L.A., Pergolese G., 1985. Evoluzione della fitotossicit   in un terreno trattato con acque reflue di frantoi oleari. (2). Applicazione del test "Germinazione del *Lepidum saativum*" e studio comparativo di alcuni parametri chimici e chimico-fisici. *Inquinamento*, 27:29-49.
- Proietti P., Caterchini A., Tombesi A., 1988. Influenza delle acque di frantoi oleari su olivi in vaso e in pieno campo. Atti II tavola rotonda "Acque reflue dei frantoi oleari", Spoleto, 24 Aprile 1988.
- Raglione M., Bianchi A.A., De Simone C., Valeriani V., Campanelli G., Guiducci M., 1997. Effetti sul suolo e sulle produzioni derivanti dalla distribuzione di reflui tal quali di frantoi oleari. *Agricoltura Ricerca*, 168:31-38.
- Raglione M. e D'Ambrosio C., 2001. Aspetti agronomici della somministrazione sul suolo delle acque di vegetazione. Progetto editoriale PANDA "I sottoprodotti dei frantoi oleari", vol.3, pp. 29-40, Ed. L'informatore Agrario.

- Ranalli A, Strazzullo G., 1995. Acque di vegetazione delle olive. *Informatore Agrario*, 50:57-60.
- Ramos-Cormenzana A., 1986. Physical, Chemical, Microbiological and Biochemical Characteristic of Vegetation Water. Atti "International Symposium on Olive by-products valorisation", Seville (Spain); p. 19, March 1986.
- Riffaldi R., Saviozzi A., Levi-Minzi R., Bertolacci M., 1992. Effetti delle Acque di vegetazione sulle proprietà di un terreno collinare ad oliveto. *Inquinamento*, 1:38-43.
- Saviozzi A., Levi-Minzi R., Riffaldi R. Lupetti A., 1991. Effetto dello spandimento di acque di vegetazione sul terreno agrario. *Agrochimica*, 35:135-146.