

Sostenibilità

Valore dalle microalghe

Claudio Ledda

Le attività antropiche hanno da sempre costituito una fonte di inquinamento organico consistente con conseguenze sull'ambiente anche notevoli. Inoltre, i problemi di scarsità delle risorse idriche e del loro approvvigionamento per usi civili o agricoli, soprattutto in determinati areali geografici, hanno evidenziato la necessità di sviluppare e ottimizzare i processi che consentono un efficiente riciclo della risorsa idrica, sia in termini di qualità, microbiologica e chimica, sia in termini puramente economici.

In particolare, le acque reflue prodotte dal settore agro-zootecnico sono caratterizzate da un elevato apporto organico e minerale che sarebbe opportuno ridurre o rimuovere al fine di potere riutilizzare direttamente gli effluenti nell'ambito di una filiera produttiva. Vari processi fisici, chimici e biologici

permettono l'accumulo della sostanza organica e dei nutrienti in prodotti con caratteristiche qualitative più o meno elevate. Spesso, tuttavia, i costi di costruzione, manutenzione e gestione degli impianti di trattamento non sono compensati dal valore del materiale prodotto, rappresentando quindi un costo significativo per le aziende.

Lo sviluppo di tecniche innovative per il trattamento degli effluenti zootecnici è quindi di primaria importanza per affrontare con successo un processo di depurazione capace di garantire elevati standard qualitativi del refluo trattato.

I reflui agrozootecnici

I reflui agrozootecnici sono definiti come le deiezioni del bestiame o una miscela di lettiera e di deiezioni di

Fitodepurazione e valorizzazione di reflui agrozootecnici mediante coltivazione di microalghe.

bestiame, anche sotto forma di prodotto trasformato (Direttiva Nitrati 91/676/CEE).

Questi prodotti esercitano una forte pressione sul territorio, soprattutto nell'areale padano, a seguito dell'elevato apporto di nutrienti che li caratterizza: la composizione dei reflui varia in relazione alla specie, all'eventuale diluizione con acque di lavaggio, alle modalità di stabulazione e, quindi, alla presenza, al tipo e alla quantità dei materiali di lettiera. È inoltre influenzata da fattori quali alimentazione, stadio fisiologico e razza dei capi di allevamento che determinano infine le caratteristiche delle deiezioni.

	<i>Sostanza secca (% t.q.)</i>	<i>Solidi volatili (% s.s.)</i>	<i>Azoto totale (kg m⁻³ t.q.)</i>	<i>Fosforo totale (kg m⁻³ t.q.)</i>	<i>Potassio totale (kg m⁻³ t.q.)</i>
Bovini da latte	7-10	75-85	2,5-3,5	0,8-1,5	3,5-7,0
Bovini da carne	10-16	75-85	3,5-4,0	0,8-2,5	4,5-7,0
Vitelli carne bianca	0,6-2,9	60-75	1,2-3,0	0,6-2,5	1,8-4,5
Suini	1,5-6,0	65-80	1,5-3,5	1,1-2,7	1,3-3,0
Avicunicoli	19-25	70-75	1,8-14	1,2-11	1,2-6,0

L'utilizzo corretto degli effluenti agrozootecnici rappresenta un'opportunità per il mantenimento di un equilibrio tra il comparto agrozootecnico e l'ambiente. I liquami sono infatti un utile mezzo di concimazione dei terreni ma spesso è necessario un trattamento per ottenere una riduzione del carico di nutrienti e/o il volume dei liquami. Inoltre la corretta gestione di questa tipologia di effluenti consente di ottimizzare l'utilizzo agronomico dei nutrienti in questi contenuti e quindi di ridurre notevolmente l'uso di fertilizzanti di sintesi, con evidenti vantaggi sia dal punto di vista ambientale sia da quello economico.

Il trattamento dei reflui agrozootecnici è l'insieme dei processi che consentono una corretta e sostenibile gestione dei liquami sia in termini agronomici sia economici. Infatti, gli allevamenti di tipo intensivo comporta-

Trattamento	Obiettivo			
Separazione solido/liquido	Ottenimento di una frazione chiarificata a minor contenuto di nutrienti minerali, spandibile nei terreni e di una frazione solida ad alto contenuto di sostanza secca, sostanza organica, azoto e fosforo, trasportabile e valorizzabile a costi inferiori. La separazione si ottiene principalmente mediante vagliatura (solidi grossolani) o centrifugazione (solidi grossolani e fini).			
Miscelazione	Ottenimento di un liquame con composizione uniforme mediante pompe di sollevamento, immissione di aria in pressione e agitatori meccanici.			
Stabilizzazione	Facilitare il processo di umificazione e porta alla mineralizzazione del contenuto di sostanza organica facilmente degradabile.			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Trattamento aerobico</th> <th>Trattamento anaerobico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Favorire l'azione di batteri aerobici facoltativi che indirizzano la degradazione della sostanza organica mediante l'insufflazione di aria.</td> <td>In condizioni anaerobiche, porta alla degradazione della sostanza organica, alla stabilizzazione dei liquami e alla produzione di energia sotto forma di biogas. Aumenta la qualità agronomica dei liquami.</td> </tr> </tbody> </table>	Trattamento aerobico	Trattamento anaerobico	Favorire l'azione di batteri aerobici facoltativi che indirizzano la degradazione della sostanza organica mediante l'insufflazione di aria.
Trattamento aerobico	Trattamento anaerobico			
Favorire l'azione di batteri aerobici facoltativi che indirizzano la degradazione della sostanza organica mediante l'insufflazione di aria.	In condizioni anaerobiche, porta alla degradazione della sostanza organica, alla stabilizzazione dei liquami e alla produzione di energia sotto forma di biogas. Aumenta la qualità agronomica dei liquami.			
Compostaggio	Favorire la decomposizione ossidativa della sostanza organica, mediante microrganismi aerobi. È un processo caratterizzato da una maggiore velocità di trasformazione e da una produzione di calore che abbatte la carica patogena. Il prodotto è caratterizzato da un elevato contenuto di sostanza secca (70% circa), una maggiore stabilità, un minore volume, una struttura fisica più omogenea. È utilizzabile in pieno campo per migliorare il tenore di sostanza organica nei terreni e quindi aumentarne la fertilità.			

no la produzione di grandi quantità di liquami difficilmente gestibili tal quali. In tabella sono mostrate le principali tipologie di trattamento alle quali questi sono sottoposti.

Questi trattamenti rappresentano spesso un costo importante per l'azienda zootecnica che ha quindi la necessità di sfruttare tecnologie che consentono di affrontare e valorizzare economicamente le eccedenze di nutrienti.

La crescita delle microalghe

La fitodepurazione di acque reflue di origine zootecnica mediante la crescita microalgale è un processo ben conosciuto che sfrutta l'abilità di questi microrganismi di rimuovere alte concentrazioni di nutrienti, consentendo il loro riciclo nella biomassa prodotta, in termini di proteine, carboidrati e lipidi [1]. La rimozione dei nutrienti è ulteriormente incrementata dagli elevati valori di pH raggiunti durante la crescita microalgale a seguito dei processi di fotosintesi.

A questi pH, che possono arrivare fino a 12-13, l'azoto sotto forma ammoniacale passa alla forma gassosa e si allontana dalla coltura, mentre il fosforo precipita prevalentemente sotto forma di fosfati inorganici. Questo aumento di pH, inoltre, causa la morte di numerosi organismi patogeni consentendo quindi la sanificazione del refluo [2, 3].

Attraverso la fotosintesi le microalghe forniscono ossigeno (1,5-1,92 kg O₂ per kg di biomassa prodotta) ai batteri eterotrofi che, mineralizzando gli inquinanti organici, rilasciano anidride carbonica direttamente utilizzabile dalle alghe. Questa sinergia microalghe/batteri

consente quindi un abbattimento sostanziale sia del BOD, sia dei costi dovuti all'ossigenazione meccanica delle vasche, che rappresentano una fetta importante dei costi operativi negli impianti di trattamento biologico.

Questa sinergia può essere utilizzata per il trattamento di diversi composti tossici recalcitranti facilmente degradabili in condizioni aerobiche piuttosto che anaerobiche, in un processo

meno a rischio di perdite in atmosfera di contaminanti o aerosol dovute all'aerazione meccanica intensiva delle vasche di trattamento.

Alcune specie di alghe verdi, soprattutto tra i generi *Chlorella* e *Scenedesmus*, si sono dimostrate particolarmente tolleranti alle elevate concentrazioni di nutrienti presenti nei reflui sia civili che agrozootecnici e per questo sono state ampiamente studiate riguardo la loro efficienza nella rimozione di azoto e fosforo [4, 5]. La loro crescita può infatti portare a elevate percentuali di rimozione, maggiori dell'80%, di ammoniaca, nitrati e fosforo totale [4, 5], confermando come le microalghe possano essere effettivamente impiegate nella loro depurazione e valorizzazione. L'alga verde *Botryococcus braunii*, per esempio, ha mostrato ottimi risultati di crescita in un liquame suino caratterizzato da un'elevata concentrazione di nitrati (788 mg L⁻¹), rimuovendone circa l'80% [6].

Le microalghe possono accumulare anche metalli pesanti attraverso adsorbimento sia fisico che chimico, reazioni di ossidoriduzione o cristallizzazione sulla superficie cellulare.

Un *uptake* attivo che spesso causa il trasporto dei metalli nel citoplasma cellulare è considerato uno strumento di difesa per evitare fenomeni di tossicità o per accumulare elementi in tracce essenziali per la crescita. Gli eccessi di nutrienti che caratterizzano oggi molte zone produttive, soprattutto in pianura padana, potrebbero quindi trasformarsi da problema a risorsa. L'utilizzo dei reflui per la coltivazione di alghe, darebbe al comparto zootecnico la possibilità di inserirsi in nuo-

ve filiere produttive di elevato valore e di rilevante interesse per il settore industriale.

La possibile innovazione nel settore zootecnico che può essere apportata dalla coltivazione di microalghe è, dunque, sintetizzabile nei seguenti punti:

- affrontare le eccedenze di nutrienti del comparto agricolo in modo economicamente vantaggioso e compatibile con il contesto ambientale;
- valutare e ottimizzare la capacità dei sistemi di crescita algale nel rimuovere i nutrienti dalle frazioni liquide e nel produrre biomassa algale di diversa qualità e composizione;
- valutare le possibilità di inserimento della materia prima (biomassa algale) nei settori economici di maggiore interesse a livello sia locale sia nazionale, creando nuove filiere di produzione per il settore agrozootecnico.

L'applicazione di sistemi di fitodepurazione di effluenti del settore agrozootecnico mediante la produzione di microalghe è attualmente poco esplorata. L'esigenza è quindi di aprire nuove strade percorribili per la valorizzazione economica e ambientale dei macro e micro nutrienti contenuti negli effluenti liquidi di allevamenti e di impianti per la produzione di biogas. La valutazione dell'applicabilità, dell'efficienza di rimozione dei nutrienti (soprattutto azoto e fosforo), delle rese in biomassa e della sua caratterizzazione aprono un altro campo di innovazione, ossia lo studio delle possibili filiere di utilizzo delle alghe nei settori della bioenergia, della mangimistica, della bioraffineria/chimica e della nutraceutica/cosmetica. Attraverso questo particolare e innovativo tipo di "coltura", il settore agrozootecnico potrebbe dunque arricchire la sua offerta con prodotti di medio-alto valore aggiunto.

Riferimenti bibliografici

[1] De la Noüe A., Laliberte G., Proulx D., 1992. Algae and wastewater. *Journal of Applied phycology*, 4, 247-254.

[2] Mallick N., 2002. *Biotechnological potential of immobilized algae for wastewater N, P and metal removal*. A review. Agricultural and food engineering department, Indian Institute of technology, India.

[3] Schumacher G., Blume T., Sekoulov I., 2003. Bacteria reduction and nutrient removal in small wastewater

treatment plants by an algal biofilm. *Water science and technology*, 47, 195-202.

[4] Bhatnagar A., Bhatnagar M., Chinnasamy S., Das K., 2010. *Chlorella minutissima* - a promising fuel alga for cultivation in municipal wastewaters. *Applied biochemistry and biotechnology*, 161, 523-536.

[5] Ruiz-Marin A., Mendoza-Espinosa L. G., Stephenson T., 2010. Growth and nutrient removal in free and immobilized green algae in batch and semi-continuous cultures treating real wastewater. *Bioresource technology journal*, 101, 58-64.

[6] An J. Y., Sim S. J., Lee J. S., Kim B. W., 2003. Hydrocarbon production from secondarily treated pig-gery wastewater by the green alga *Botryococcus braunii*. *Journal of applied phycology*, 15, 185-191.

Direttiva Nitrati 91/676/CEE



Claudio Ledda è dottorando di ricerca in Ecologia agraria presso il Dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e ambientali dell'Università degli Studi di Milano.

www.intersezioni.eu

