Tecniche di Coltura di Microalghe

IN BREVE

- **PROCESSI E STATO DELLE RICERCHE -** Le microalghe sono organismi vegetali unicellulari acquatici la cui crescita, opportunamente favorita da sali nutritivi, luce e anidride carbonica, può essere notevolmente più rapida di quella delle piante terrestri. Ciò rende le microalghe particolarmente idonee per l'assorbimento di CO_2 atmosferica, per la produzione di biocombustibili, per la depurazione di reflui civili e agro-zootecnici e per la produzione di biomolecole. Microalghe di varie specie vengono già prodotte a livello commerciale in vari Paesi e utilizzate per la produzione di integratori alimentari, mangimi, pigmenti, acidi grassi ω^3, biomasse per acquacoltura e per il trattamento di reflui. La coltivazione avviene in bacini, vasche, fotobioreattori e fermentatori con tecniche e volumi diversi secondo la specie coltivata e le particolari applicazioni. Ancora in fase sperimentale sono le coltivazioni di specie per il risanamento di reflui contaminati da xenobiotici e metalli pesanti e per la produzione di biodiesel e idrogeno. Le ricerche in tal senso sono volte a conseguire elevati volumi di produzione con rendimenti prevedibili e programmabili, tali da incidere significativamente sui fabbisogni di carburanti per velivoli. Nella Tabella 1 vengono riportati i prodotti ei processi più importanti realizzati attualmente nel mondo a livello di produzione e di ricerca, con relativi dati di interesse.
- **PRESTAZIONI E COSTI –** Lo stato delle ricerche, peraltro in costante e rapida evoluzione, non consente ancora di fornire stime precise circa la produttività di coltivazioni destinate alla produzione di biodiesel, l'applicazione attualmente ritenuta più interessante. Le prestazioni variano infatti in funzione della specie microalgale, della localizzazione dell'impianto, delle tecniche colturali e di trattamento della biomassa. A titolo indicativo, produzioni sperimentali (non commerciali) di microalga marina Nannochloropsis, a latitudini temperate e su superfici molto inferiori all'ettaro, possono fornire circa 20 t/ha/anno di olio, con 220-250 giorni produttivi per anno (Tredici, 2008). Ai fini della fissazione della CO_2, Benemann (2003) cita un rapporto in peso fra biomassa microalgale secca e CO_2 fissata pari a circa 1:1.65. Altri autori (Van Harmelen e Onk, 2006), tenendo conto anche dei necessari processi produttivi e dei relativi costi energetici, suggeriscono un rapporto finale di 1:1. Uno studio (Meisner, 2007**)** con orizzonte temporale 2015 suggerisce potenziali valori di mercato per i prodotti derivati da microalghe dell'ordine di $1000/t per gli integratori alimentari, di $600/t per il biodiesel e di $30/t per produzioni destinate all'assorbimento di CO_2, che sarebbero comunque integrate con le due produzioni precedenti. Per quanto riguarda la comparazione con piante terrestri, uno studio (Chisti., 2007) riporta valori di produzione di biodiesel da microalghe per unità di superficie fino a 16 volte maggiori rispetto alla migliore pianta terrestre, ovvero la palma da olio.
- **POTENZIALE E BARRIERE –** Il maggior potenziale di sviluppo per le coltivazioni di microalghe appare legato alla produzione di biodiesel, che consente una netta riduzione delle emissioni di CO_2 rispetto all'uso di combustibili fossili, senza sottrarre risorse alle coltivazioni terrestri per fini alimentari. Dopo l'estrazione di biocombustibile, la biomassa microalgale residua può ancora essere impiegata per l'estrazione di biomolecole di interesse commerciale o per la produzione di biogas. La depurazione di reflui agricoli o civili da sostanze quali nitrati, fosfati e metalli pesanti è un ulteriore settore di sviluppo. Secondo Meisner (2007), nel 2015 i prodotti ricavati da microalghe potrebbero avere un mercato potenziale a livello mondiale dell'ordine di 25-50 miliardi di dollari all'anno, dominato dalla produzione di biodiesel (50%), dall'assorbimento della CO_2 e dalla produzione di integratori alimentari. La produzione di microalghe su grande scala deve tener conto dell'impatto sulle risorse idriche e sul territorio, mitigabile utilizzando colture in acque marine o salmastre e aree costiere marginali. Per ottenere inoltre bilanci economici, energetici ed emissivi vantaggiosi, in particolare nella produzione di biodiesel, occorre che l'intero ciclo di produzione sia basato su processi a basso costo e fonti energetiche rinnovabili o con ridotte emissioni.

PROCESSI E STATO DELLE RICERCHE - La coltivazione su larga scala di microalghe è iniziata negli anni '80, con esperienze riguardanti il cianobatterio Spirulina (o Arthrospira) e microalghe marine che costituiscono la base alimentare per molluschi filtratori e larve di specie ittiche da acquacoltura. In seguito sono stati sviluppati anche sistemi di coltura massiva per realizzare integratori alimentari per l'uomo e per gli animali (Spirulina, Chlorella, Dunaliella) o per l'estrazione di biomolecole quali astaxantina, pro-vitamina A, vitamina B12, acido gamma linolenico GLA, acidi grassi polinsaturi, ficocianine, destinati a varie applicazioni (nutraceutici, cosmetici, coloranti, farmaci, reagenti ecc.). In Italia, importanti ricerche ed un cospicuo patrimonio di conoscenze non hanno trovato adeguata valorizzazione commerciale, come invece in altri Paesi. I maggiori impianti produttivi si trovano attualmente nella fascia tropicale, nella California meridionale, in Cina, Taiwan, India, Cuba e Hawaii, in quanto favoriti dalle temperature medie elevate che consentono produzioni lungo tutto il corso dell'anno. Il sistema colturale più diffuso è basato su circuiti *raceways* all'aperto con bassa profondità e con circolazione di acqua assicurata da agitatori a pale ad energia elettrica. Il contenuto delle vasche giunte a maturazione viene filtrato, essiccato e ridotto in polvere o pastiglie, o sottoposto a trattamenti chimico-fisici per estrarre sostanze di interesse.

Fig. 1 – Impianto Cyanotech (Hawaii): Raceways di Haematococcus (fase verde e fase rossa

Le coltivazioni monospecifiche all'aperto sono attualmente utilizzate solo per alcune specie adattate ad ambienti estremi (acque molto salate, acque alcaline) e in alcune localizzazioni geografiche. Infatti le contaminazioni da altri micro-organismi vegetali e animali, in assenza di fattori fisico-chimici limitanti, come nel caso della Spirulina o della Dunaliella, possono condurre alla sparizione di colture prossime alla maturità in pochissimo tempo. L'adozione di serre e coltivazioni al chiuso riduce il rischio di contaminazione, ma aumenta i costi di produzione in misura rilevante. Negli impianti al chiuso si cerca quindi di intensificare al massimo la produzione e la densità di microalghe con l'uso di fotobioreattori. I processi di seguito descritti riguardano la produzione di microalghe anche secondo modalità messe in pratica presso i laboratori ENEA. La crescita delle microalghe avviene in tre fasi principali: ■ **Fase esponenziale**, in cui il tasso di crescita della popolazione rimane sempre positivo nel tempo e dipendente da nutrienti, temperatura e illuminazione disponibili nell'ambiente (inizialmente il basso numero di cellule in coltura rende minimo l'ombreggiamento reciproco e ogni cellula si trova in saturazione luminosa); ■ **Fase lineare o stazionaria**, in cui il tasso di crescita della popolazione è molto rallentato o azzerato e la concentrazione algale raggiunge un valore elevato. Per colture estensive è conveniente mantenere la curva di crescita in questa fase, garantendo un giusto apporto di nutrienti, regolando la concentrazione algale e assicurando luce sufficiente alle cellule metabolicamente attive; ■ **Fase decrescente**, in cui le cellule tendono a morire, essendo sospesa sia la fase di divisione sia la fase metabolica. Coincide in genere con eccessiva concentrazione algale, esaurimento di nutrienti nel mezzo di coltura o con l'instaurarsi di condizioni avverse alla crescita (temperature non idonee, presenza di sostanze tossiche, illuminazione inadeguata).

Le colture microalgali si suddividono in colture di laboratorio e colture massive, le prime per preservare in purezza i differenti ceppi e arrivare a volumi di inoculo per le colture massive, le seconde per raggiungere quantità e qualità adeguate alle esigenze produttive. ■ **Colture in laboratorio** - Oltre al mantenimento e alla caratterizzazione delle specie algali, le colture in laboratorio consentono la ricerca di base sulle specie microalgali. Colture monospecifiche vengono iniziate in piccoli volumi da 10-50 ml (provette) in condizioni ambientali controllate, in mezzi liquidi oppure in mezzi solidi (generalmente agar su piastre Petri). Nella prima fase lo scopo principale è il mantenimento della qualità dei ceppi che serviranno per inoculi in volumi più grandi. Non si richiede una crescita rapida per cui, anche se in mezzi liquidi, non è necessario insufflare aria e CO_2. Le popolazioni microalgali vengono mantenute in ambienti asettici (per evitare contaminazioni), a temperature costanti (tipicamente 18-20°C) e illuminazione permanente con luce fluorescente fredda a bassa intensità (fino a 1000 lux). I ceppi vengono replicati mensilmente per evitare che le colture superino la fase lineare di crescita e quindi decadano. Le repliche sono effettuate inoculando circa 1/5–1/10 delle colture precedenti in nuove provette preventivamente riempite con acqua alla salinità voluta e nutrienti, previa sterilizzazione chimica (ipoclorito e tiosolfato di sodio) o in autoclave a temperatura di 120°C. Fanno eccezione le soluzioni vitaminiche che si degradano ad elevate temperature. Per i ceppi su mezzi solidi, la replica avviene prelevando una piccola quantità della coltura precedente e spandendola sulla capsula Petri contenente il mezzo di crescita. Le operazioni si effettuano sotto cappa a flusso laminare per evitare inquinamenti. Periodici conteggi tramite camere di conta al microscopio (emocitometro di Neubauer) o tramite letture da spettrofotometri tarati con letture di densità cellulare al microscopio ottico, forniscono indicazioni sulla concentrazione delle colture algali. ■ **Colture massive** - Sono in genere caratterizzate da elevate concentrazioni delle popolazioni algali, per cui le condizioni di allevamento devono consentire un buono sviluppo dei fitoplanctonti. Le tecniche variano a seconda dell'uso finale della biomassa. Variano sostanzialmente i volumi di allevamento e le modalità di coltura (sistemi al chiuso o all'aperto). Si da inizio alle colture in piccoli contenitori da pochi litri per arrivare ai volumi di utilizzo (da 20-30 l a veri e propri bacini di crescita) tramite passaggi in volumi crescenti. Si inizia da ceppi di mantenimento che servono da "inoculum" per beute da 0,5-1 litro. Si passa quindi a beute a 3-10 l e poi a volumi di 25-30 l. Questa tecnica permette la riduzione dei tempi di sviluppo (le colture vengono a trovarsi sempre nella fase di crescita esponenziale), un controllo più accurato ed uno sviluppo più programmabile.

Una volta raggiunti i volumi di utilizzo, le colture possono essere mantenute in modo semi-continuo, continuo o in discontinuo. ■ **Il modo semi-continuo** consiste nel mantenere attiva la coltura per lunghi periodi di tempo, prelevandone ad intervalli il 20-30% e riportando a volume con mezzo acqueo arricchito. I prelievi cominciano quando la concentrazione algale è dell'ordine di milioni di cell./ml, con ampie variazioni a seconda delle dimensioni della microalga. Quando prelievo e ricambio sono continui, si parla di **modo continuo**. Queste tecniche tuttavia espongono le colture a maggiori rischi di inquinamenti. ■ **Il modo discontinuo** consiste nel portare la coltura alla massima concentrazione possibile (che varia con la specie allevata), e nell'utilizzo completo in una sola volta della biomassa ottenuta. Rispetto alla precedente, questa tecnica è più semplice, garantisce una maggiore purezza della popolazione fitoplanctonica ma richiede una rigorosa programmazione delle colture. Negli impianti di acquacoltura per la riproduzione di specie ittiche è presente in genere un intero settore dedicato alla coltura del plancton (celle fito-zooplanctoniche) in ambienti mantenuti asettici e in condizioni ambientali controllate. Queste celle sono provviste di impianti di illuminazione a luce solare o fluorescente fredda (intensità fra 6000-10.000 lux ognuna), di termoregolazione (temperature costanti, in genere 18-22 °C, ma variabili in relazione alle specie) e di rete di distribuzione di aria, CO_2 e acqua trattata. Particolare cura è posta sul tipo di acqua utilizzata che, a questo stadio delle colture, deve essere della massima purezza per garantire sterilità. L'acqua in entrata viene decantata, filtrata (filtri meccanici in scala decrescente con maglie da 50 a 1 micron) e sterilizzata chimicamente, o tramite autoclave o con raggi ultravioletti. Le colture sono mantenute in sacchi di polietilene con volumi da 20 a 400 l, posti davanti a lampade al neon. In essi viene inoculata la popolazione microalgale proveniente da volumi inferiori previo riempimento dei sacchi con acqua di mare

filtrata e arricchita di nutrienti. L'insufflazione di aria e CO_2 sul fondo della coltura ne determina anche l'agitazione. ■ **Nei bacini all'aperto**, particolare cura viene posta nella progettazione e nella costruzione delle strutture di allevamento delle popolazioni fltoplanctoniche, in modo da realizzare condizioni ottimali per i fattori di crescita algale controllabili, quali disponibilità di nutrienti, profondità e concentrazione della coltura, turbolenza del mezzo, filtrazione e sterilizzazione dell'acqua. I maggiori fattori non controllabili sono temperatura e luminosità che dipenderanno dalla stagione, da eventi climatici e dalla localizzazione geografica. In condizioni ottimali si possono raggiungere produzioni medie di 15-30 gr/m^2 giorno dì biomassa secca. La profondità delle colture è inversamente correlata alla concentrazione cellulare e alla quantità di luce disponibile. Profondità di 15-40 cm rappresentano un compromesso fra esigenze contrastanti quali il dispendio di energia per l'agitazione e la raccolta (pale rotanti, pompe per acqua, air-lift) e l'escursione termica diurna. Le dimensioni dei bacini di allevamento variano da decine di metri quadrati fino 0.4-0.5 ha con forme rotondeggianti (sottili pareti divisorie ed angoli smussati impediscono addensamenti di cellule e impartiscono moto rotatorio) tipo raceways. Nei bacini in terra è spesso usato un rivestimento in telo plastico per un migliore controllo dei parametri biotici e per evitare percolazioni. Inoltre, limitatamente alla coltura di cianoficee (Spirulina) a scopi industriali, sono stati sperimentati bacini a superficie inclinata, di piccole dimensioni e profondità ridotte, in cui la coltura viene immessa alla estremità superiore e scorre sulla superficie di coltura verso il recipiente di raccolta posto all'estremità inferiore. Nel percorso, la coltura incontra degli ostacoli costituiti da corrugamenti del fondo del bacino, allo scopo di frenare il moto rettilineo di caduta del liquido e aumentare il moto verticale esaltando il favorevole effetto di illuminazione a flash (flashing light). I maggiori svantaggi delle colture algali in bacini aperti sono rappresentati da evaporazione dell'acqua soprattutto in caso di elevate temperature, perdite di CO_2, rischi di inquinamento da altre specie algali indesiderate (che in presenza di condizioni favorevoli possono sostituire la coltura iniziale) o da animali quali insetti o fitoplanctofagi acquatici (rotiferi, copepodi etc.) e protozoi il cui sviluppo risulta quasi sempre incontenibile. I sistemi aperti tuttavia possono raggiungere dimensioni maggiori con costi associati molto più ridotti di quelli relativi a tecniche in ambienti chiusi. ■ **Fotobioreattori** - Costituiti da circuiti generalmente tubolari, i fotobioreattori presentano un grado di complessità decisamente maggiore rispetto ai sistemi aperti ma consentono uno stretto controllo dei parametri chimico-fisici e biologici della coltura e una migliore resa produttiva. Le maggiori criticità sono da imputare a eventuali incrementi di temperatura, che richiedono sistemi di raffreddamento (ombreggiamento, spruzzi con acqua nebulizzata ecc.), e al rischio di accumulo dell'ossigeno prodotto per fotosintesi, che richiede sistemi di eliminazione di questo gas. Questi problemi, limitano le dimensioni dei fotobioreattori, che attualmente sono costituiti principalmente da serpentine di lunghezza non elevata e volumi limitati. Gli elevati costi di mantenimento di questi tipi di colture ne limitano l'uso alle sole colture massive di elevata purezza, necessarie o per l'estrazione di biomolecole di alto valore commerciale o per inoculi di colture in sistemi aperti.

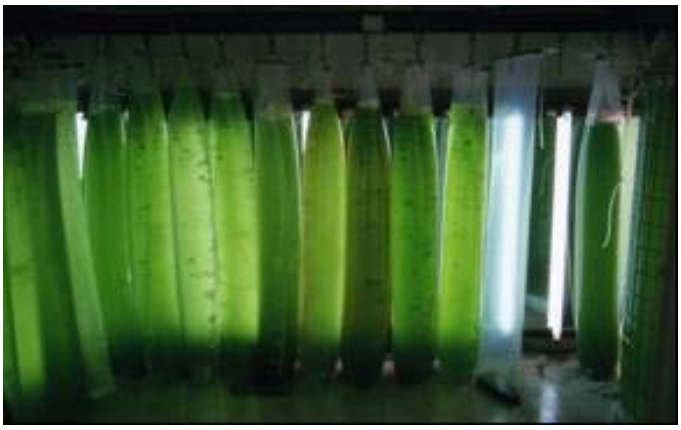

Fig. 2 - Colture in sacchi di polietilene da circa 20 litri

PRESTAZIONI E COSTI – Le microalghe già attualmente possono produrre da 15 a 300 volte più olio per biodiesel rispetto a colture terrestri tradizionali per unità di superficie (Chisti, 2007). Inoltre, rispetto a piante terrestri che vengono raccolte una o due volte l'anno, le microalghe sono generalmente raccolte ad intervalli di tempo molto più corti (ca 3-10 giorni) o anche in continuo, garantendo produzioni continuative senza bisogno di immagazzinare grandi quantità di materia prima. La maggiore capacità di cattura della luce e la maggiore efficienza di conversione conducono a minori impieghi di fertilizzanti e nutrienti, abbassando così sprechi e possibili inquinamenti. Tuttavia lo stato delle ricerche non consente ancora di fornire stime precise circa la produttività di coltivazioni destinate al biodiesel. Le prestazioni variano infatti anche notevolmente in funzione della specie microalgale, della localizzazione geografica dell'impianto, delle tecniche colturali e di trattamento della biomassa. A titolo puramente indicativo,

Tab.1 - Stato delle produzioni a livello mondiale

Prodotti e processi commerciali		
Prodotti/Processi	**Specie/Produzione(t/a)**	**Coltura**
Integratori Mangimi	Arthospira (3000), Clorella (2000), Aphanizomenon(500), Dunaliella(1200), Haematococcus (300)	Lagune, vasche raceway e circolari, fotobioreattori
Pigmenti	Dunaliella, Arthospira, Haematococcus	Lagune, vasche raceway,fotobio-reattori
Acidi grassi ω3	Schyzochitrium (10 t olio) Cryptecodinium (240 t olio)	Fermentatori, 10-100 m^3
Traccianti, Markers, Enzimi	Arthospira, Anabaena, Anacystis	Fermentatori, Fotobioreattori axenici
Trattamento acque reflue	Scenedesmus e colture miste	Lagune, vasche raceway,
Biomassa per acquacoltura	Varie specie	Vasche sacche cilindri,foto-bioreattori
Altri prodotti/processi in fase di sviluppo		
Polisaccaridi, biofertilizzanti, farmaci, biopesticidi, probiotici, biosensori, biorisanatori per acque reflue con xenobiotici e metalli, biofissazione CO_2, produzione di biodiesel e idrogeno		

Fonte: Tredici, 2007 (dati 2006)

produzioni sperimentali (non commerciali) di microalga marina Nannochloropsis, a latitudini temperate e su superfici molto inferiori all'ettaro, possono fornire circa 20 t/anno di olio per ettaro, con 220-250 giorni produttivi per anno (Tredici, 2008). Ai fini della fissazione della CO_2, Benemann (2003) cita un rapporto in peso fra biomassa microalgale secca e CO_2 fissata pari a circa 1:1.6. Altri autori (Van Harmelen e Onk, 2006), tenendo conto dei necessari dispendi energetici dei processi produttivi, propongono un rapporto di 1:1. Alcune microalghe, come la Spirulina o la Chlorella, vengono impiegate integralmente, una volta disseccate, come integratori alimentari per l'uomo e per usi zootecnici. Come si evince dalla tab.1, questa è attualmente l'utilizzazione primaria per cui si coltivano microalghe nel mondo. Per quanto attiene la produzione di biomolecole, le sostanze di maggiore interesse sono: astaxantina, beta carotene, vitamina B12, acido gamma linolenico GLA, acidi grassi polinsaturi, fico cianine; queste sono destinate a varie applicazioni (nutraceutici, cosmetici, coloranti, farmaci, reagenti ecc.). Uno studio (Meisner, 2007) con orizzonte temporale 2015 prospetta valori di mercato per i prodotti derivati da microalghe dell'ordine di $1000/t per gli integratori alimentari, di $600/t per il biodiesel e di $30/t per produzioni destinate all'assorbimento di CO_2, che sarebbero comunque integrate con le due produzioni precedenti.

POTENZIALE E BARRIERE - Il maggior potenziale di sviluppo è legato alla produzione di biodiesel a partire dall'olio contenuto nelle microalghe, che consentirebbe una netta riduzione delle emissioni di CO_2 rispetto all'uso di combustibili fossili senza sottrarre risorse alle coltivazioni terrestri per fini alimentari. A fronte di potenziali produttivi molto interessanti, dell'ordine di 10-100 volte maggiori rispetto a piante terrestri produttrici di olio, occorre ancora definire processi produttivi in grado di fornire quantitativi di biodiesel adeguati ad una scala produttiva e con un bilancio economico ed energetico sicuramente positivo. I processi per la separazione della biomassa microalgale dal mezzo acqueo di coltura e per l'estrazione dell'olio contenuto nelle microalghe sono ancora punti critici che occorre risolvere mediante soluzioni efficaci e a basso costo per grandi quantitativi. Resta inoltre da accertare se la qualità dell'olio ottenuto dalla particolare specie microalgale sia più o meno adatta per la trasformazione in biodiesel (transesterificazione). Dopo l'estrazione dell'olio per biocombustibile, la biomassa microalgale residua può ancora essere impiegata per l'estrazione di biomolecole di interesse commerciale o per la produzione di biogas.

La depurazione di reflui agricoli o civili da sostanze quali nitrati, fosfati e metalli pesanti è un ulteriore settore di sviluppo. Inoltre, l'uso di acque reflue parrebbe possibile anche per la coltivazione di alghe destinate alla produzione di biodiesel. Secondo Meisner (2007), i prodotti ricavati da microalghe potrebbero avere un mercato potenziale a livello mondiale dell'ordine di 25-50 miliardi di dollari all'anno, dominato dalla produzione di biodiesel (50%), dall'assorbimento della CO_2 e dalla produzione di integratori alimentari. La produzione di microalghe su grande scala deve tuttavia tener conto dell'impatto sulle risorse di acqua dolce, per le quali nel nostro Paese esistono già attualmente notevoli problemi di approvvigionamento e di scarico nella rete idrica superficiale e nelle falde, a causa dell'estensione fisica delle coltivazioni. Nel caso dell'utilizzo di acque marine o salmastre, gli impianti dovrebbero essere situati in zone costiere, generalmente pregiate sia per aspetti economici legati a varie attività umane, che per aspetti di valore paesaggistico-naturalistico. Tale impatto sarebbe mitigabile usando aree costiere marginali non arabili e di basso pregio ambientale. In termini di inquinamento, le acque di risulta conterrebbero un basso tenore di sali nutrienti, in gran parte assorbiti dalle microalghe nel corso della loro crescita e quantitativi ridotti di metaboliti diversi, comunque non tossici e non particolarmente preoccupanti. Tuttavia, studi accurati in questo senso sono ancora necessari.

Per ottenere bilanci economici, energetici ed emissivi vantaggiosi, in particolare nella produzione di biodiesel, occorre che l'intero ciclo di produzione sia basato su processi con ridotti consumi energetici e moderati costi di impianto. Sarebbe auspicabile integrare i sistemi di coltivazione con sistemi energetici basati su fonti rinnovabili (eolico, fotovoltaico, geotermico ecc.). Per quanto riguarda l'assorbimento della CO_2, occorre valutare attentamente l'opzione dell'allestimento di sistemi ad hoc di insufflazione del gas, che hanno un costo a fronte di un possibile piccolo incremento in produttività, piuttosto che contare sul naturale assorbimento della CO_2 atmosferica da parte delle microalghe, a costo zero.

Riferimenti e Ulteriori Informazioni

● Van Harmelen T. and Onk H., 2006 - Microalgal biofixation process: applications and potential contributions to greenhouse gas mitigation options. Report for Biofixation International Microalgae Network (IEA) : pp. 47. ● Benemann J., 2003. Biofixation of CO2 and greenhouse abatement with microalgae – technology roadmap. Final report for U.S. Department of Energy : pp. 30 . ● Chisti, 2007. Biodiesel from microalgae. Biotech Advances 25:294-306 ● Meisner A., 2007. Contributo al 7th European Workshop on Biotechnology of Microalgae. June 11-13, 2007, Nuthetal, Germany. ● Tredici M., 2007. Colture massive di microalghe: calamità o risorsa?. Da "Coltura massiva delle microalghe: il contributo della scuola fiorentina" - Accademia dei Georgofili, Firenze, 30.11.2006 : pp. 13 ● Tredici M., 2008. Presentazione orale al Workshop Bioenergy World Europe, Verona 8/2/2008.

Principali Istituzioni di Ricerca e Operatori Commerciali

Importanti società petrolifere quali ENI, Shell e Chevron sono coinvolte in processi di R&D. A livello nazionale. un gruppo storico di ricerca pubblica nell'area di Firenze (CNR-ISE, Università, Dipartimento di Biotecnologie Agrarie) ha uno spin-off già attivo (Fotosintetica & Microbiologica S.r.l.). Diverse ditte a livello internazionale, soprattutto negli Stati Uniti, pubblicizzano e commercializzano su siti internet tecnologie per realizzare impianti produttivi di biodiesel da microalghe (tra le più interessanti Green Fuel e Valcent). Gli aspetti economici rimangono tuttavia da verificare.

Informazioni sulle attività svolte da ENEA

Processi/tecnologie sviluppati da ENEA e motivazione delle scelte

Coltivazioni microalgali su scala di laboratorio e su limitati volumi massivi. Metodiche realizzate a fini di produzioni in acquacoltura. Sono presenti laboratori presso i centri di Casaccia (BAS Biotecamb, BAS Biotecgen), Frascati (FIM Fislas) e S. Teresa (ACS).

Realizzazioni e impianti dimostrativi

Colture di laboratorio e colture in volumi massivi fino a 20 litri presso la Casaccia. In allestimento un impianto esterno da 2 mc.

Obiettivi di R&S, risultati conseguiti e attesi da ENEA

Risultati sono stati ottenuti nel passato presso BAS Biotec per la produzione di volumi intorno alla ventina di litri di coltura in sacchi di polietilene a fini di produzioni per acquacoltura; attualmente volumi simili in vasche cilindriche di policarbonato trasparente sono impiegati in via sperimentale per la produzione di microalghe del genere Nannochloropsis (una microalga marina che rappresenta un candidato interessante per la produzione di biodiesel) raggiungendo densità algali fino a ca 0,8 g/l in peso secco, utilizzando un medium colturale semplificato e consistente di soli due sali nutritivi in acqua marina. Risultati di interesse sono stati raggiunti in piccoli volumi (<1l) per quanto riguarda l'alga Chlamydomonas per la produzione di idrogeno nell'ambito del progetto Idrobio. I laboratori della Casaccia hanno soddisfatto le esigenze interne per lo sviluppo larvale di pesci marini, sostenendo la catena trofica microalghe-rotiferi-larve di orata (Sparus aurata) dall'inizio degli anni '90 fino al 2001. Presso i laboratori di Frascati, sono stati sviluppati metodi di analisi di bloom algali tramite sensori laser.

Risorse impegnate in attività di R&S e dimostrazione

Due ricercatori senior, due ricercatori, un tecnico

Collaborazioni, Finanziamenti esterni,

Pre call per bando Industria 2015; Regione Lazio; In passato sono stati realizzati scambi di ceppi microalgali con altre istituzioni di ricerca (Istituto sui Microorganismi Autotrofi del CNR di Firenze) e società del settore dell'acquacoltura.

Brevetti, pubblicazioni, articoli, citazioni su primarie riviste/pubblicazioni scientifiche, congressi e siti web qualificati

● Barbato F., 2007. Colture microalgali. In "Cambiamenti climatici ed agro ecosistemi". Contributo Enea BAS alla conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, Roma 12-13 settembre 2007; pp. 72-75 ● Barbato F., 2008. La produzione di biocombustibili da microalghe. In "Tecnologie e sistemi per la competitività delle agro energie". Contributo Enea BAS a Bioenergy World Europe, Verona 7-10 febbraio 2008; pp. 38-40 ● Barbato F., 1985. Viaggio di studio per le avannotterie da ripopolamento del mare interno di Seto, Giappone.Riv. Ital. Pescic. Ittiop., XX (4) 127:130 ● Barbato F., 1989. Brachionus plicatilis - biologia e allevamento. ENEA - Quaderni tecnici di acquacoltura n° I pp. 40 ● Barbini R., Colao F., Fantoni R., Fiorani L., Palucci A., Artamonov E. S., Galli M., 2003. Remotely sensed primary production in the western Ross Sea: results of in situ tuned models. Antarctic Science 15 : 77-84 ● Fiorani L., Lai A., Palucci A., Sighicelli M., Spizzichino V., Tarasov P. A., 2007. First measurement of size, refractive index, depolarization and fluorescence of phytoplankton cells by laser scanning flow citometry. Earsel proceedings ● Fiorani L., Palucci A., Semyanov K., Spizzichino V., 2007. L'apparato LIDAR fluorosensore Enea per il monitoraggio del bloom algale in Antartide: dall'analisi remota alla caratterizzazione locale per mezzo di un citometro in flusso a scansione. Atti del Workshop annuale del gruppo di Algologia della Società Botanica Italiana, p. 29 ● Lai A., Loreti S., Allegro A., Procacci S., 2003. Risposta cellulare in vitro di diatomee marine alla carenza di ferro indotta da DFOB (deroxamina B mesilato). Rapporto Tecnico Enea RT/2003/70/FIS, pp.30 ● Micheli C., Cianchi R., Paperi R., Pushparaj B., 2007. Crescita, Fisiologia e variabilità genetica dei ciano batteri antartici. Atti del Workshop annuale del gruppo di Algologia della Società Botanica Italiana, p. 20 ● Micheli C., Galluppi S., 2007. Caratteristiche di crescita di microalghe in diverse condizioni sperimentali. Atti del Workshop annuale del gruppo di Algologia della Società Botanica Italiana, p. 60 ● Rampi L. - M. Bernhard, 1978. Chiave per la determinazione delle diatomee pelagiche mediterranee. Relazione tecnica interna C.N.E.N - C.S.N. Casaccia ● Villani P., De Murtas I.D., 1986. Il plancton in acquacoltura. Rapporto tecnico ENEA FARE 86/5 pp. 47 ● Villani P., 1989. Fitoplancton – Tecniche di coltura e utilizzazione. ENEA - Quaderni tecnici di acquacoltura n° 2 pp. 44 ● Nel 2007 è stato realizzato presso il C.R. Enea Casaccia una sessione su "Microalghe tossiche e non" nell'ambito del workshop del gruppo di algologia della Società Botanica Italiana.

FABIO BARBATO svolge attività di ricerca dal 1988 presso il Dipartimento di Biotecnologie dell'ENEA. E' attualmente responsabile di laboratori di ricerca sulle Microalghe presso il Centro Ricerche Casaccia. Ha partecipato a primari progetti di ricerca. Le sue competenze comprendono la produzione di laboratorio e massiva di fito/zoo-plancton; la gestione integrata delle aree costiere; gli aspetti ambientali connessi all'acquacoltura e alle attività di pesca; l'applicazione dei sistemi di gestione ambientale ad aree protette, tra cui il Parco Nazionale del Circeo; la valutazione di progetti afferenti ai siti di Natura 2000; la riproduzione e la crio-conservazione di sperma di pesci teleostei marini; l'allevamento larvale e l'accrescimento di specie ittiche. Ha esperienze di insegnamento in corsi nazionali ed internazionale sull'allevamento di organismi acquatici e sugli aspetti ambientali della gestione delle zone costiere. Dal 1981, è membro della Società Italiana di Biologia Marina.