



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102009901737591
Data Deposito	03/06/2009
Data Pubblicazione	03/12/2010

Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA DI INSUFFLAZIONE IN GRADO DI GARANTIRE UN EFFICIENTE CONTROLLO DELLA TEMPERATURA, UN DIFFUSO RIMESCOLAMENTO ED UN ELEVATO ASSORBIMENTO DI CO₂ E ALTRI GAS IN COLTURE DI MICROALGHE O DI ALTRI MICRORGANISMI FOTOSINTETICI.

PROSPETTO MODULO A

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE

NUMERO DI DOMANDA:

GF 7009 A 000004

DATA DI DEPOSITO:

3 - 6 - 9

A. RICHIEDENTE/I COGNOME e NOME o DENOMINAZIONE, RESIDENZA o STATO :

MEM ENGINEERING s.r.l. s. VICU ARMANDO DIAZ 10 81046 GRAZZANISE - CE - ☐
NEOTICA s.r.l. VIALE CASSITTO 4, 83100 AVELLINO - AV -

C. TITOLO

Sistema di insufflazione in grado di garantire un efficiente controllo della temperatura, un diffuso rimescolamento ed un elevato assorbimento di CO₂ e altri gas in culture di microrganismi o di altri microrganismi fotosintetici

SEZIONE

CLASSE

SOTTOCLASSE

GRUPPO

SOTTOGRUPPO

E. CLASSE PROPOSTA

C

12

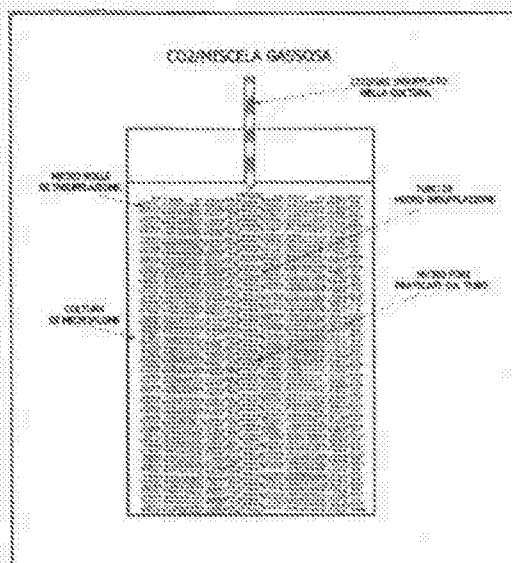
M

O. RIASSUNTO

La presente invenzione si riferisce ad un sistema innovativo di insufflazione per il rimescolamento e l'agitazione di culture microbiologiche, che favorisce il controllo della temperatura e promuove l'elevato assorbimento di CO₂ e di miscele gassose nella biomassa coltivata. Il sistema, che può essere utilizzato sia su culture di laboratorio sia per produzioni massive industriali, è costituito da un tubo di materiale flessibile o rigido, con sezione cilindrica, ellittica, o piana, provvisto di un elevatissimo numero di fori microscopici lungo la parte immersa nella cultura. I fori sono distanziati tra loro di qualche centinaio di micron o al massimo di qualche millimetro, permettendo di avere all'interno della camera di coltura un numero elevatissimo ed uniforme di bollicine di dimensioni microscopiche.

F. DISEGNO PRINCIPALE

FIG. 1



FIRMA DEL / DEI
RICHIEDENTE / I

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p.iva 02565090640

MEM ENGINEERING s.r.l.
Pia S. Paolo, 10 - Napoli
Via Diaz 10 - GRAZZANISE (CE)
Tel. 081 19565657 - Fax 178272 0258

DESCRIZIONE dell' invenzione industriale avente per TITOLO:

"Sistema di insufflazione in grado di garantire un efficiente controllo della temperatura, un diffuso rimescolamento ed un elevato assorbimento di CO₂ e altri gas in colture di microalghe o di altri microrganismi fotosintetici"

A nome di :

M2M ENGINEERING s.a.s di nazionalità italiana con sede in Vico A. Diaz,10
81046 Grazzanise (Ce)

NEOTICA s.r.l di nazionalità italiana con sede in viale Cassitto, 4
83100 AVELLINO

Inventori: Angelo FONTANA, Marcello Maria DIANO, Maddalena PARENTE

Depositata il con il n°

RIASSUNTO

La presente invenzione si riferisce ad un sistema innovativo di insufflazione per il rimescolamento e l'agitazione di colture microbiologiche. Il trovato favorisce il controllo della temperatura della coltura e promuove l'elevato assorbimento di gas, come ad esempio la CO₂, e di miscele gassose nella biomassa coltivata. Il sistema, che può essere utilizzato sia con colture di laboratorio sia per produzioni massive industriali, è costituito da un tubo di materiale flessibile o rigido, con sezione cilindrica, ellittica, o piana, provvisto di un elevatissimo numero di fori microscopici lungo la parte immersa nella coltura. I fori (delle dimensioni inferiori a 1 mm) sono distanziati tra loro di qualche centinaia di micron o al massimo di qualche millimetro. Il tubicino microforato con fori microscopici e ravvicinati, viene immerso nella coltura microalgale per una lunghezza adeguata. Al suo interno viene incanalato il flusso gassoso in

2/24

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p.iva 02565090640

M2M ENGINEERING s.a.s.
Pco. S. Paolo, 10 - Napoli
Vico Diaz, 10 - GRAZZANISE (CE)
Tel. 081.8309653 - Fax 081.832770258

grado di fornire, in maniera uniforme o variabile, un' insufflazione costituita da una quantità elevatissima di bollicine microscopiche nella camera di coltura.

La regolazione della temperatura del flusso gassoso, in virtù dell'elevata superficie di scambio gas-liquido, consente di raffreddare o riscaldare la coltura, permettendo il controllo delle condizioni termiche in fotobioreattori sia aperti che chiusi.

Il sistema di insufflazione innovativo oggetto del presente brevetto permette di generare in maniera uniforme un numero elevatissimo di bollicine di dimensioni microscopiche, dell'ordine di qualche micron. Questo fenomeno origina un effetto di disintegrazione e micro-diffusione della miscela gassosa nella coltura microalgale, favorendo sia un elevato assorbimento dei gas o delle miscele gassose, sia un efficiente controllo della temperatura della camera di coltura in funzione della temperatura dei gas o delle miscele gassose introdotte.

Il controllo della temperatura e l'elevato assorbimento della CO₂, Aria e/o altri gas, facilitano ed incrementano la fotosintesi delle cellule e di conseguenza l'accrescimento e la moltiplicazione delle microalghe o di altri microorganismi fotosintetici contenuti nella camera di coltura.

A parità di flusso gassoso, rispetto ad un sistema di insufflazione classico, l'innovativo sistema di insufflazione oggetto della presente documentazione, determina un assorbimento della miscela gassosa molto più elevato essenzialmente per tre motivi :

- 1) La superficie totale di scambio tra miscela gassosa e le cellule della coltura aumenta notevolmente, aumentando quindi l'assorbimento del gas da parte delle cellule;

- 2) Il tempo medio di permanenza del gas all'interno della coltura aumenta notevolmente, accrescendo l'assorbimento del gas da parte della coltura;
- 3) L'insufflazione nella coltura è distribuita in modo uniforme e capillare, favorendo lo scambio cellule-gas;

Il numero di "bolle" di insufflazione nella coltura è elevatissimo e notevolmente maggiore rispetto a quelle che in genere si ottiene in un sistema di insufflazione classico, aumentando quindi notevolmente la superficie ed il tempo medio di contatto tra cellule e CO₂ e/o miscela gassosa insufflate.

STATO DELL'ARTE E LIMITI ATTUALI

I microorganismi fotosintetici sono organismi unicellulari in grado di utilizzare la luce solare per la produzione di molecole organiche che servono da combustibile nei processi cellulari. Nelle microalghe, organismi fotoautotrofi unicellulari di acqua dolce o salata, la fotosintesi trasforma l'anidride carbonica in carboidrati, che poi sono utilizzati per sostenere la crescita e la divisione cellulare. Il risultato finale è una conversione delle luce solare in una biomassa organica. Maggiore è la capacità di utilizzare la luce solare e l'anidride carbonica, maggiore sarà la velocità di crescita e la quantità in peso della biomassa prodotta.

La crescita delle microalghe richiede illuminazione della coltura (con luce solare naturale, o con luce artificiale, o ancora attraverso un'integrazione delle due) e somministrazione di nutrienti integrata da insufflazione di gas che generalmente sono: Aria, CO₂, Aria+CO₂ o, nel caso di prelievo di gas da fumi emessi da impianti industriali, di una miscela gassosa che contiene anche NO₂, SO₂, NO, CO, etc.. in percentuali variabili a seconda della tipologia del processo di combustione. I gas hanno il doppio scopo di fornire elementi necessari alla

crescita dei microrganismi e di mantenere in continua movimentazione il liquido all'interno della camera di coltura.

La capacità delle biomasse di accrescersi rapidamente è particolarmente importante nei nuovi utilizzi delle microalghe per applicazioni biotecnologiche per produzione di energia e composti di alto valore aggiunto. In particolare, per applicazioni bioenergetiche, è ormai sufficientemente dimostrato che da lipidi, proteine e carboidrati contenuti nelle biomasse microalgali è possibile generare fonti di energia alternativa quali Biodiesel, Bioidrogeno e Biometano.

La stessa capacità delle microalghe di assorbire CO₂ durante la crescita ha un'enorme importanza scientifica ed ecologica: la crescita massiva di microalghe è stata suggerita come uno dei potenziali sistemi per mitigare gli effetti delle emissioni climalteranti di origine antropica (ad. esempio gas di scarico di centrali termoelettriche, centrali a carbone, ed impianti industriali che in genere producono fumi con elevate quantità di anidride carbonica ed ossidi di azoto).

Il sistema di insufflazione oggetto del presente brevetto favorisce notevolmente l'assorbimento dell'anidride carbonica in colture microbiologiche sia di piccoli fotobioreattori di laboratorio sia di impianti di coltivazione di massa. In questi ultimi, utilizzando CO₂ prodotta da insediamenti produttivi, si coniuga la crescita massiva della coltura microalgale con l'abbattimento della anidride carbonica emessa dall'impianto industriale.

Attualmente per le colture massive di microalghe o di altri organismi fotosintetici sono sfruttate fondamentalmente due tecniche:

- 1) la prima tecnica prevede vasche aperte (Raceway Ponds) all'interno della quale si coltiva biomassa algale;

2) la seconda tecnica utilizza fotobioreattori chiusi, con il volume di coltura delimitato in una camera di coltura chiusa, con volumi molto più limitati e con caratteristiche e forme molto variegate.

La tecnica dei Raceway-Ponds prevede delle grosse vasche aperte, in luoghi con elevato soleggiamento durante l'anno, ma presenta però grandi svantaggi di contaminazione (dovuti fondamentalmente al fatto che le vasche sono aperte e quindi a facile rischio di contaminazioni esterne) e grosse perdite del volume di coltura per evaporazione. In definitiva, i raceway-ponds hanno basse produzioni in biomassa, a causa della bassa efficienza in resa microalgale, ma offrono il vantaggio di avere un basso costo di realizzazione degli impianti (realizzazione delle vasche aperte) e spese di gestione relativamente contenute.

La tecnica dei Fotobioreattori chiusi di converso ha rese di produzione in biomassa molto elevate, dovute ad un'elevata efficienza fotosintetica, basse perdite di volume di coltura per evaporazione e bassissima contaminazione, per il fatto che le biomasse microalgali sono contenute in una camera di coltura limitata e chiusa. La tecnica, tuttavia, soffre per gli alti costi degli investimenti iniziali e, attualmente, è utilizzata difficilmente in applicazioni industriali di vasta scala tranne che per applicazioni di tipo farmaceutico per l'ottenimento di molecole ad alto valore aggiunto.

Il trovato in oggetto è un sistema di insufflazione innovativo, applicabile sia a sistemi di coltura microalgale da laboratorio sia a sistemi con colture massive di microalghe outdoor o indoor con Fotobioreattori chiusi o Raceway Ponds.

L'invenzione così come descritta e con le rivendicazioni che la caratterizzano favorisce notevolmente la produzione industriale di biomasse microalgali, per

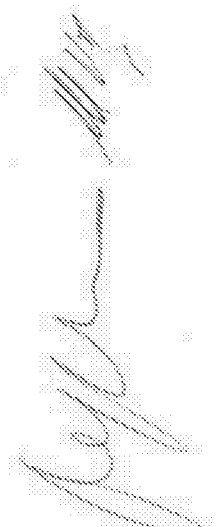
effetto : (a) di un elevato l'assorbimento delle miscele gassose, incluso i fumi di scarico di impianti industriali e (b) di un ottimale controllo della temperatura all'interno della camera di coltura.

Nei sistemi attuali di coltivazione di microalghe ovvero in generale di microorganismi fotosintetici e colture cellulari biologiche, l'insufflazione viene ottenuta principalmente nei seguenti modi :

- Tubi flessibili, in genere di materiale silicone, inseriti nella coltura con l'estremità aperta immersa nella coltura;
- Tubi di materiale plastico rigido, in genere di materiale PVC, inseriti nella coltura, con un'estremità aperta o con varie bocche di apertura inserite nella coltura;
- Tubi rigidi in vetro con estremità aperte immerse nella coltura;
- Tubi di PVC rigido inseriti nella coltura , con fori da 3-5 mm fino a 1 cm di diametro.

In tutte le tecniche di insufflazione attualmente utilizzate nella crescita di microalghe in genere si utilizzano aperture di insufflazione che vanno da circa 4-5 mm fino ad aperture di insufflazione oltre il centimetro, queste ultime sono preferite nel caso di impianti con volumi di coltura elevati.

L'insufflazione di una miscela gassosa in una coltura microalgale provoca all'interno della coltura stessa delle bolle gassose di dimensioni che dipendono dalla grandezza del foro di insufflazione. In genere, con i sistemi attuali di insufflazione e sospensione gassosa per colture microbiologiche, si ottengono bolle di dimensioni che vanno dai 4-5 mm fino ad oltre 40-50 mm, in relazione alla pressione di insufflazione ed altri parametri dipendenti dalla tipologia delle aperture, dalla geometria dell'impianto e dal volume di coltura.



Peculiarità del trovato :

All'interno del seguente trovato si indicherà con i termini sotto elencati :

- "Tubo Micro-forato": Tubo flessibile o rigido , di materiale plastico o metallico, avente dei fori praticati sulla sua lunghezza di dimensioni microscopiche;
- "Micro-insufflazione": Insufflazione di CO₂ o in generale di una miscela gassosa, attivata mediante il tubo microforato oggetto del presente brevetto, che genera nella coltura microalgale delle bollicine di gas di dimensioni microscopiche;
- "Macro insufflazione": insufflazione "classica" utilizzata finora nelle colture microalgali, che generano bolle di insufflazione gassosa di dimensioni superiori al mezzo centimetro fino ad arrivare a bolle con dimensioni anche di svariati centimetri;
- "Micro foro": foro di dimensioni microscopiche (in genere da qualche micron o al massimo sotto il millimetro) utilizzato nel presente brevetto e praticato sul tubo di insufflazione;
- "Macro Bolla": bolla di insufflazione che si crea nei sistemi di insufflazione classica (> 1 cm);
- "Micro bolla": bollicina di insufflazione microscopica che si ottiene con il presente brevetto (< 0.1 cm);
- "Micro-diffusione" dell'insufflazione: le micro bolle di insufflazione sono disperse in modo molto diffuso e capillare nella coltura microalgale, in modo da aumentare la superficie di scambio tra bolle e cellule e/o liquido.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Il trovato oggetto del presente brevetto ha la grossa innovazione di introdurre la miscela gassosa nella coltura con le seguenti caratteristiche :

- Insufflazione della miscela gassosa nella coltura attraverso la formazione di "micro bolle" dell'ordine dei micron o al massimo di un millimetro (quindi insufflazione con "micro bolle" di gas);
- Distribuzione uniforme e micro-diffusa delle micro bolle di insufflazione in tutto il volume della coltura;
- Tubo di insufflazione interamente o parzialmente microforato per la lunghezza immersa nella coltura, con fori di dimensioni microscopiche (da qualche micron fino al massimo di un millimetro), distanziati tra loro da qualche decina di micron o al massimo a 5 mm. La densità di fori, definito come numero dei fori per unità di superficie, può essere più o meno elevata nelle parti di maggior accumulo delle cellule in modo da concentrare la distribuzione gassosa nelle zone di maggior addensamento cellulare;
- Diametro del tubo di insufflazione non elevato in modo da compensare le perdite di carico della pressione di insufflazione lungo la condotta di insufflazione nella coltura, dovuta ai numerosi "micro fori" praticati sul tubicino di insufflazione;
- Possibilità di insufflazione efficiente anche con volumi e pressioni di insufflazione molto bassi;
- Possibilità di regolare la temperatura e la portata del gas insufflato, in modo da controllare la temperatura dell'interno della camera di coltura, al pari di quanto succede oggi con sistemi di termostatazione esterni;

9/24

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p. Va 02565690640

M2M ENGINEERING S.R.L.
Piazz. S. Paolo, 10 - Napoli
Vico Dint. 10 - GRAZZANOSE (CE)
Tel. 081 1936553 - Fax 178272 0256

I vantaggi provenienti dal sistema innovativo di "Micro-Insufflazione" con "Micro Bolle" di gas uniformemente e capillarmente distribuite in tutto il volume di coltura sono :

- Le bolle di miscela gassosa all'interno della coltura sono di dimensioni microscopiche, dell'ordine di qualche decina di micron fino al millimetro (dette anche "micro bolle", generando quindi un effetto di "microinsufflazione")
- A parità di volume di miscela gassosa insufflata, la superficie totale di contatto tra cellule e gas di insufflazione aumenta notevolmente rispetto ad un insufflazione con metodi tradizionali. Questo comporta un aumento della superficie totale di scambio cellule-gas pari a più di cento volte rispetto a quella ottenuta con tecniche di insufflazione classiche;
- A parità di volume del gas insufflato il tempo di permanenza della miscela gassosa all'interno della coltura è molto più elevata di quello che si realizza con tecniche tradizionali, in virtù del fatto che le micro bolle di insufflazione hanno una velocità di risalita verso la superficie della coltura molto più lenta di quella che si ha nel caso dell'insufflazione classica. Questo comporta un aumento significativo del tempo di permanenza di una bolla di gas insufflato nella coltura di microalghe e di conseguenza prolunga notevolmente il tempo di permanenza medio della miscela di gas nella coltura microalgale;
- Le Micro Bolle di insufflazione sono distribuite uniformemente nel volume di coltura con un interdistanza tra loro di qualche millimetro, generando perciò un notevole effetto di uniformità e diffusione della miscela gassosa;

- Elevato fenomeno di Lift-Up delle cellule verso la parte superficiale della coltura che favorisce notevolmente il fenomeno dell'assorbimento della radiazione solare anche alle cellule che sono distribuite sulla parte inferiore e meno illuminata della coltura;
- Elevato scambio termico, con un controllo ottimale della temperatura attraverso un continuo equilibrio della temperatura dell'acqua della camera di coltura con la temperatura del gas insufflato.

I vantaggi descritti sono maggiormente esplicitati e descritti nei particolari qui di seguito :

Effetto dell'aumento di superficie di interscambio tra cellule e miscela gassosa per effetto del nuovo sistema di "micro insufflazione"

Il numero di cellule totale della coltura che riesce ad essere a contatto con la miscela gassosa è molto più elevato rispetto ad un sistema di insufflazione classico. Infatti considerando per semplicità che la bolla sia sferica, le cellule a contatto con la miscela gassosa sono quelle disposte lungo la superficie sferica della bolla come nella fig.1

La differenza tra un sistema di insufflazione classico ed il sistema di micro-insufflazione oggetto del presente brevetto si può riassumere in breve :

supponiamo di avere un volume V di una bolla di insufflazione classica , supposta per semplicità di forma sferica , ad es. con diametro $D1=1\text{cm}=10\text{mm}$, il suo volume sarà di $V1=\frac{4}{3} \pi R1^3 = 523,33 \text{ mm}^3$, con una superficie esterna pari a: $S1=4 \pi R1^2 = 314 \text{ mm}^2$ (dove $R1=D1/2$).

Per semplicità, supponiamo che le micro bolle ottenute con il nuovo sistema di insufflazione siano anch'esse sferiche, con diametro di $10 \mu\text{m}$. Ogni micro-bolla ha volume pari a: $V2 = \frac{4}{3} \pi R2^3 = 523 \mu\text{m}^3 = 523 \cdot 10^{-9} \text{ mm}^3$, ed una superficie

pari a: $S_2 = 4 \pi R_2^2 = 314 \mu\text{m}^2 = 314 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2$ (dove $R_2 = D_2/2$).

Supponiamo di avere una stessa quantità di miscela gassosa (a parità di volume di gas), il numero di micro bolle equivalenti ad una sola bolla è: $N_{\text{microbolla}} = V_1/V_2 = (R_1/R_2)^3 = (D_1/D_2)^3 = 1 \cdot 10^9 = 1.000.000.000$ micro bolle equivalenti. La superficie totale delle micro bolle equivalenti è di: $S_{\text{totale\_microbolla}} = N_{\text{microbolla}} \cdot S_{\text{microbolla}} = 1 \cdot 10^9 \cdot 314 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 = 314 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$.

Quindi la superficie totale costituita dalla sommatoria delle superfici delle singole micro bolle equivalenti è molto maggiore della superficie totale nel caso di bolle di insufflazione classiche (in questo esempio aumenta di un fattore moltiplicativo di 1.000, ma in generale aumenta di un fattore proporzionale al rapporto $R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}}$).

In generale, poiché il volume di una sfera è proporzionale al cubo del raggio, mentre invece la superficie è proporzionale al quadrato del raggio, globalmente si ottiene un effetto di moltiplicazione della superficie che è proporzionale al rapporto $R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}}$.

Quindi, poiché a parità di volume di gas insufflati, l'effetto di moltiplicazione è tanto maggiore quanto più è elevato il rapporto $R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}}$, la superficie di contatto tra cellule e bolle è notevolmente maggiorato nel sistema con la microinsufflazione rispetto a sistemi di insufflazione classica.

Effetto dell'aumento del tempo di permanenza medio della miscela gassosa all'interno della coltura, con il nuovo sistema di "micro insufflazione"

Il moto di una bolla di insufflazione all'interno di una coltura algale (costituita da una miscela eterogenea di liquido e cellule algali), è un moto approssimativamente verticale dal basso verso l'alto, con una forza di spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume spostato (Principio di Archimede).

Il peso del volume spostato è proporzionale, a meno del peso specifico, al raggio al cubo (R^3). La velocità di risalita di una bolla di gas all'interno di un liquido di coltura è proporzionale ad (R^3), quindi è molto maggiore all'aumentare del volume della bolla. In pratica quando il volume della bolla di insufflazione diminuisce, come nel caso delle micro-bolle generate dal sistema di microinsufflazione, la velocità di risalita della bolla è notevolmente inferiore rispetto a quello di una bolla di dimensioni maggiori. In generale, la relazione tra il tempo di permanenza di una micro-bolla con diametro di 10 μm il tempo di permanenza di una bolla con diametro di 1 cm è in prima approssimazione prossimo al rapporto alla spinta di Archimede. Il rapporto delle forze di spinta di Archimede è proporzionale al rapporto dei volumi (a meno del peso specifico della miscela gassosa) e quindi il rapporto tra le forze di spinta è proporzionale al rapporto $(R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}})^3$ risultando tanto maggiore quanto minore è il raggio della micro bolla di insufflazione.

In effetti bisogna tener conto anche della forza di attrito fluidodinamico che frena il moto della bolla e della micro bolla di insufflazione. La forza di attrito è proporzionale alla superficie della bolla stessa, con un effetto proporzionale ad R^2 . Ne risulta che la forza di attrito è maggiore nella macrobolla rispetto alla micro bolla secondo un effetto proporzionale ad $(R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}})^2$.

Tenendo conto di entrambi i fattori, forza di spinta e forza di attrito fluidodinamico, la forza di spinta aumenta con il cubo del rapporto dei raggi, mentre la forza di attrito aumenta con il quadrato del rapporto dei raggi. Complessivamente, l'effetto combinato delle due forze aumenta con il rapporto dei raggi con potenza unitaria ($R_{\text{bolla}}/R_{\text{microbolla}}$): quanto minore è il raggio della bolla di microinsufflazione tanto minore è la forza di accelerazione risultante e

quindi più lenta sarà la bolla nel risalire dal basso della coltura al pelo libero della coltura stessa.

A parità di portata della miscela gassosa iniettata, il tempo di permanenza del gas all'interno del liquido di coltura è molto maggiore nel caso della microinsufflazione rispetto all'insufflazione classica, favorendo quindi un elevato assorbimento della miscela gassosa da parte della coltura.

L'effetto combinato dei due vantaggi descritti, cioè dell'aumento della superficie di contatto tra cellule e gas e dell'aumento notevole del tempo di permanenza del gas nella coltura, accresce l'assorbimento della miscela gassosa e implementa gli scambi termici, con una conseguente ottimizzazione delle condizioni di accrescimento della coltura microalgale.

Tale effetto è di fondamentale importanza sia per l'assorbimento di CO₂ o altre miscele gassose sia per la termostatazione di colture massive di microalghe e altri microorganismi fotosintetici e non fotosintetici in Fotobioreattori e Bioreattori chiusi o tramite Raceway-Ponds.

Nelle figure successive che rappresentano un esempio semplificato ma non limitativo del trovato si descrivono in dettaglio gli effetti descritti:

Fig.1 Esempio di principio del sistema di micro insufflazione di CO₂/Miscela Gassosa in una coltura di microalghe.

Fig.2 Cellule adiacenti alla bolla di insufflazione.

Fig.3 Effetto della moltiplicazione della superficie totale delle micro bolle di insufflazione a parità di gas insufflato.

Fig.4 Effetto dell'aumento del tempo di permanenza del gas insufflato all'interno della coltura.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di micro insufflazione di anidride carbonica ovvero di altra miscela gassosa in una coltura di microalghe o di organismi fotosintetici generici, costituito da uno o più tubi di materiale plastico o metallico, flessibile o rigido, con sezione cilindrica, ellittica o appiattita, provvisto di un numero elevatissimo di micro fori con dimensioni variabili da qualche micron a pochi millimetri, immersi nella coltura e che generano nella stessa una miriade di micro bollicine di insufflazione di dimensioni microscopiche, distribuite in modo capillare e uniforme nella coltura stessa;
2. I tubi immersi nella coltura , possono essere singoli o molteplici , diramati da una stessa derivazione ovvero ognuno collegato ad una linea di insufflazione diversa . Ogni tubo può , inoltre , insufflare nella coltura una miscela gassosa diversa dall'altro anche a pressioni e volumi di insufflazione diverse;
3. Il tubo (o i tubi) di cui al punto 1) , 2) genera nella coltura microalgale una micro insufflazione capillare uniformemente distribuita nella coltura microalgale;
4. Il tubo/i di cui al punto 1) ,2) , 3) è provvisto/sono provvisti lungo la parte immersa nella coltura di una molteplicità di fori microscopici, con dimensioni da qualche micron fino a pochi millimetri;
5. I fori microscopici praticati sul tubo di cui al punto 4) sono distanziati tra loro da qualche decina di micron fino a qualche millimetro;
6. I fori microscopici di cui al punto 4) e 5) sono praticati sul tubo/i di cui al punto 1), sulla sua intera lunghezza immersa nella coltura ovvero anche in tratti parziali della parte di tubo immersa, in modo da aumentare o diminuire l'insufflazione in zone determinate della coltura;

15/24

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p.iva 02565090640

M2M ENGINEERING s.r.l.s.
Via S. Paolo, 10 - Napoli
Via Chio, 10 - GRAZZANO (CE)
Tel. 081 7565653 Fax 081 721 6238

7. I fori microscopici di cui al punto 4) , 5) , 6) sono praticati sul tubo ad una distanza gli uni dagli altri che può essere uniforme su tutta la lunghezza micro forata, ovvero che può essere aumentata o ridotta lungo la lunghezza per venire incontro alle perdite di carico della miscela gassosa lungo la lunghezza del tubo di micro insufflazione;
8. L'insufflazione generata dal tubo di micro insufflazione, può essere variata in modo da avere una distribuzione uniforme della micro bolle nella coltura, ovvero anche essere concentrata in zone determinate della coltura stessa;
9. Le micro bolle di insufflazione generate nella coltura hanno velocità di risalita verso il pelo libero del liquido di coltura minori della velocità di risalita che hanno le bolle di insufflazione con sistemi di insufflazione classici;
10. Diminuendo la velocità di risalita della miscela gassosa come dal punto 9) , aumenta il tempo di permanenza media della miscela gassosa nella coltura;
11. Aumentando il tempo di permanenza medio del gas all'interno della coltura viene aumentato il tempo medio di contatto e scambio tra gas-cellule, aumentando quindi l'assorbimento dei componenti gassosi da parte della coltura cellulare;
12. Aumentando gli scambi gassosi si favorisce un continuo ri-equilibrio tra la temperatura della soluzione eterogenea e la temperatura del gas all'interno della camera di coltura;
13. La condizione di equilibrio tra gas e soluzione è utilizzato per controllare la temperatura della camera di coltura: gas raffreddati possono essere utilizzati per abbassare la temperatura in condizioni climatiche calde, mentre gas caldi possono essere utilizzati per alzare la temperatura in condizioni climatiche fredde;

14. L'utilizzo di gas raffreddati o riscaldati, anche provenienti da camini industriali, funziona come un sistema di termostatazione interno della camera di coltura;
15. Aumentando l'assorbimento della miscela gassosa, come dal punto 11), si produce un incremento della velocità di crescita della coltura cellulare;
16. Con il sistema di micro insufflazione di cui ai punti precedenti, aumenta notevolmente la superficie totale di contatto e scambio gassoso tra gas e cellule microalgali;
17. Aumentando la superficie di contatto e scambio gassoso tra miscela gassosa e Cellule, di cui al punto 16), aumenta l'assorbimento dei componenti gassosi da parte della coltura, e di conseguenza aumenta la fotosintesi e la crescita delle microalghe;
18. Aumentando la superficie totale di contatto e scambio tra gas e coltura cellulare di cui al punto 16) , si incrementa notevolmente lo scambio termico tra gas insufflato e coltura , favorendone quindi la termostatazione della stessa agendo sul controllo dei parametri del gas insufflato .
19. Il sistema di micro insufflazione ha i seguenti parametri che verranno progettati in base alle esigenze specifiche della coltura in oggetto:
 - 19.1) Uno o più tubi di micro insufflazione;
 - 19.2) Presenza o meno di diramazioni o di linee dedicate per ciascun tubo;
 - 19.3) Diametro del tubo/i costante ovvero variato lungo la sua lunghezza in base a considerazioni di perdita di carico;
 - 19.4) Il diametro del tubo di micro insufflazione, di cui al punto 19.3) può essere di dimensioni comprese tra circa 2mm , fino ad arrivare a dimensioni di qualche centimetro per volumi di coltura e di

insufflazione elevati;

- 19.5) Materiale del tubo , flessibile o rigido , plastico o metallico;
 - 19.6) Lunghezza totale variabile;
 - 19.7) Lunghezza della parte micro forata variabile;
 - 19.8) Lunghezza immersa nella coltura variabile;
 - 19.9) Diametro dei micro fori variabile;
 - 19.10) Distanza tra i micro fori praticati sul tubo, che può essere uniforme ovvero variabile per venire incontro ad esigenze di perdita di carico o di concentrazione delle micro bolle in zone opportune della coltura;
 - 19.11) Dimensioni delle micro bolle volute nella coltura, dipendenti dalle dimensioni dei micro fori come dal punto 19.9) e dalle caratteristiche della coltura ;
 - 19.12) Tempo di permanenza medio della micro bolla nella coltura, dipendente dalle dimensioni della micro bolla;
 - 19.13) Aumento della superficie totale di scambio gassoso gas-Cellule, dipendente dalle dimensioni delle micro bolle;
20. I parametri caratteristici del tubo di micro insufflazione, di cui al punto 19), verranno progettati in base alle caratteristiche della coltura:
- 20.1) Tipologia e forma della coltura microalgale;
 - 20.2) Tipologia della miscela gassosa (CO₂ o generica);
 - 20.3) Volume della miscela gassosa da insufflare;
 - 20.4) Volume della coltura;
 - 20.5) Distribuzione voluta della micro insufflazione all'interno della coltura (micro insufflazione uniforme nella coltura ovvero concentrata in alcune zone della stessa);

20.6) Grado di assorbimento voluto della CO₂ o della miscela gassosa generica;

20.7) Tipologia della microalga coltivata o in generale di organismi fotosintetici.

21. Il sistema di micro insufflazione di cui in oggetto, può essere applicato a colture di microalghe o in generale di organismi fotosintetici generici, in applicazioni su volumi limitati, quali ad esempio quelle da laboratorio, sia in applicazioni industriali di coltura massiva, utilizzando tecnologie Raceway Ponds o Fotobioreattori chiusi.

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p.iva 02585090840

M2M ENGINEERING S.r.l.
Piazz. S. Paolo, 10 - Napoli
Vico Diaz, 19 - GRAZZANISE (CE)
TEL. 081/4936700 - Fax 081/722.8858

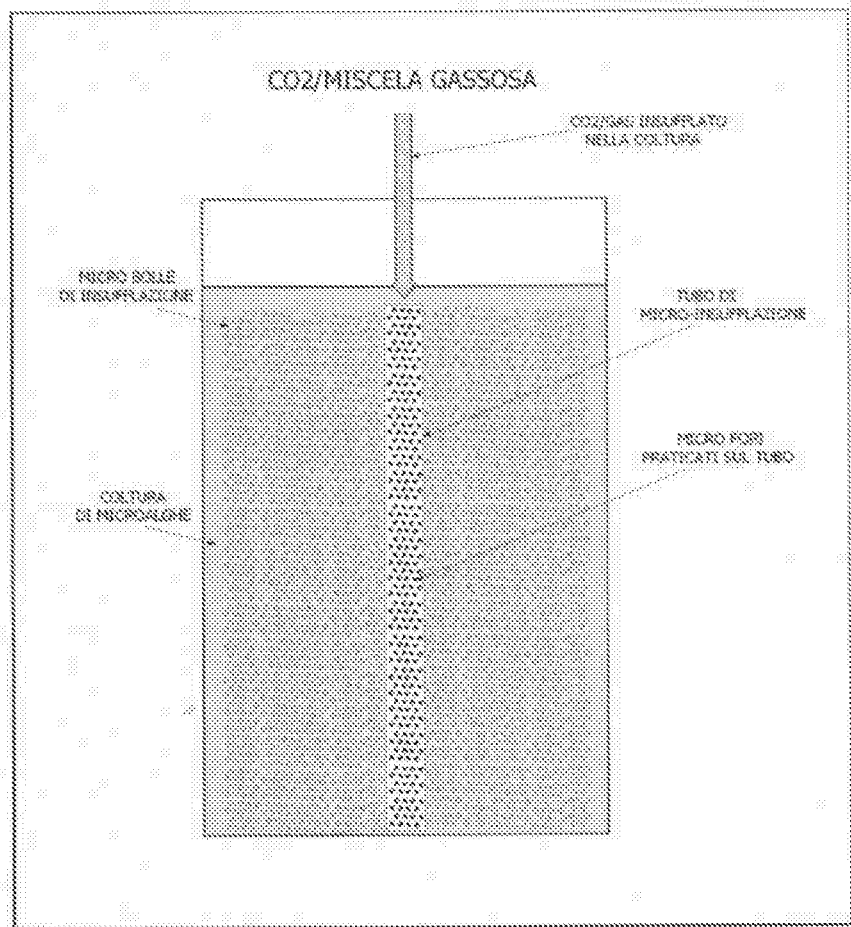


Fig. 1

NEOTICA SRL

Via Cassito, 4
82100 Avellino
p.iva 02565080640

MIM ENGINEERING s.a.s.

P.zza S. Paolo, 10 - Napoli
Via Diaz, 10 - GRAZZANO D'ANCONA
Tel. 081/1946593 - Fax 178272 025

Cellule adiacenti alla bolla di insufflazione

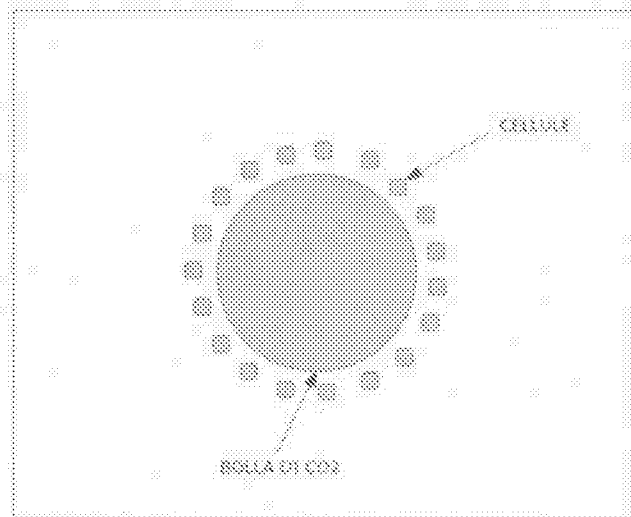
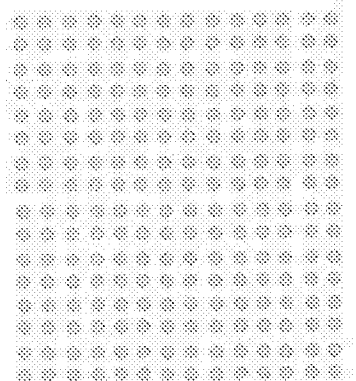


Fig. 2



MICROBOLLE EQUIVALENTI CON IL SISTEMA DI MICROINSUFFLAZIONE INNOVATIVO

Fig. 3

NEOTICA SRL
 Via Cassino, 4
 07100 AVELLINO
 P.IVA 02565090640

M2M ENGINEERING S.R.L.
 P.zza S. Paolo, 10 - Napoli
 P.zza Diaz, 10 - GRAZZANISE (CN)
 Tel. 081 4454551 Fax 178272 0258

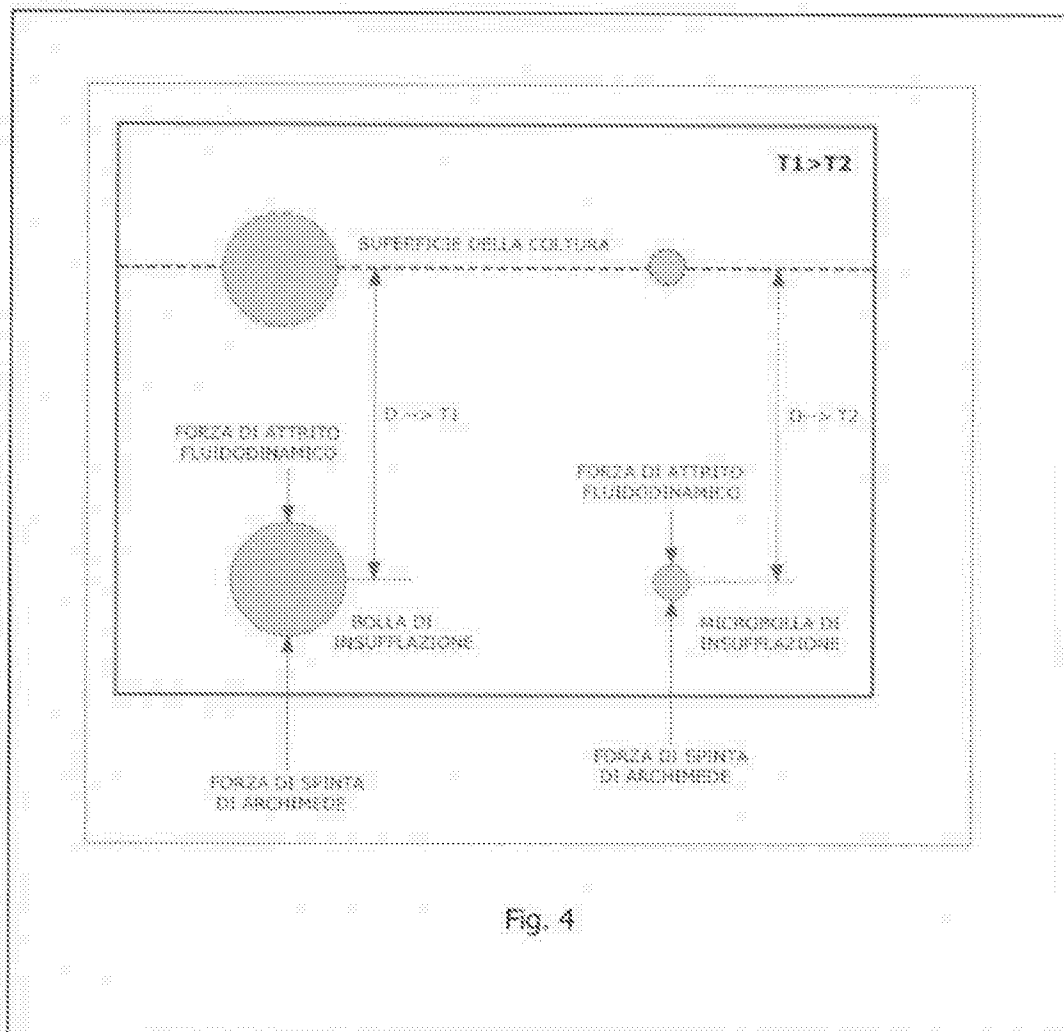


Fig. 4

NEOTICA SRL
Via Cassitto, 4
83100 Avellino
p.iva 02565090640

M2M ENGINEERING s.r.l.
Pco S. Paolo, 10 - Napoli
Vico Diaz, 10 - GRAZZANISE (CE)
Tel. 081/79545653 Fax 178272 0258