



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

Caso studio: coltivazione della microalga *Scenedesmus almerienis* per la produzione di luteina

15 Gennaio 2024

ENEA CR PORTICI

Docente: Dott.ssa Casella Patrizia

Responsabile dell'UO11: Ing. Molino Antonio





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Progetto VALUEMAG

Valuable products from algae using new magnetic
cultivation and extraction techniques

ID:745695



Avvio 1 Aprile 2017
Fine 31 Luglio 2020

Coordinato da National Technical University of
Athens (NTUA)

Finanziamento 100%
€ 4.789.000



Bio Based Industries Joint
Undertaking (Horizon 2020)

call BBI-2016-R09 "Exploiting algae and other
aquatic biomass for production of molecules for
pharma, nutraceuticals, food additives and cosmetic
applications

Consorzio



Obiettivi

- ✓ Lo sviluppo di un nuovo sistema di coltivazione innovativo basato sull'uso di nanoparticelle magnetiche (mPBR) in grado di ridurre i costi di produzione
- ✓ La riduzione dei costi di produzione delle microalghe e l'implementazione dell'estrazione e della purificazione di prodotti di alto valore derivanti dal metabolismo delle microalghe.
- ✓ L'implementazione dell'estrazione fluida supercritica con anidride carbonica (CO₂-SFE) come tecnica di estrazione innovativa e sicura di prodotti microalgali di alto valore



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

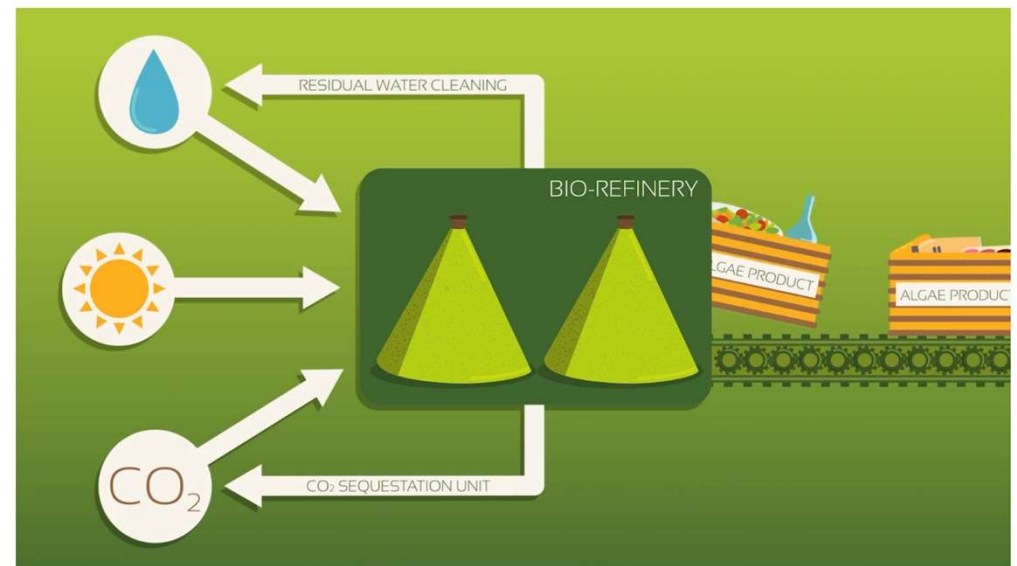
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT



Sviluppare un sistema di produzione della biomassa:

- Low cost per ridurre il prezzo del costo della biomassa
- Con un uso sostenibile di acqua ed energia
- Con l'utilizzo della CO₂
- Per la produzione di prodotti di elevato valore





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

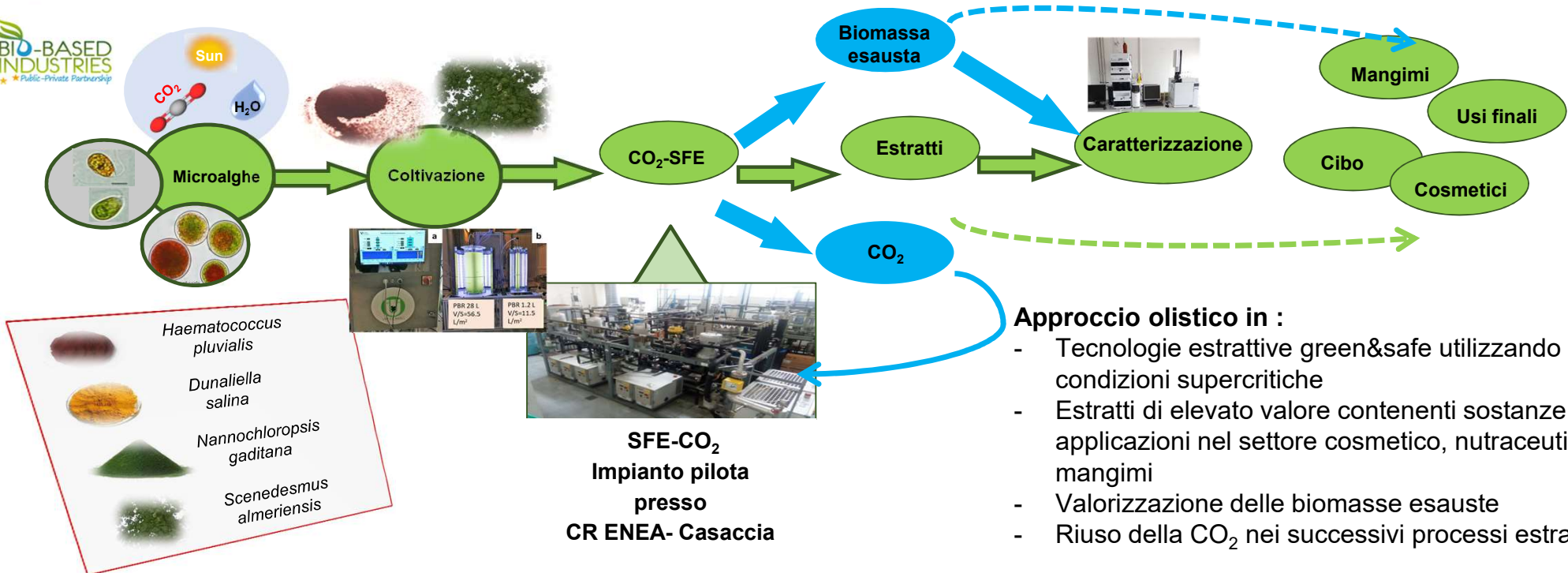


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Background di ricerca – progetto VALUEMAG

Progetto EU - H2020: VALUEMAG - Valuable products from algae using new magnetic cultivation and extraction techniques – Grant Agreement ID:745695





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



KET4STEM

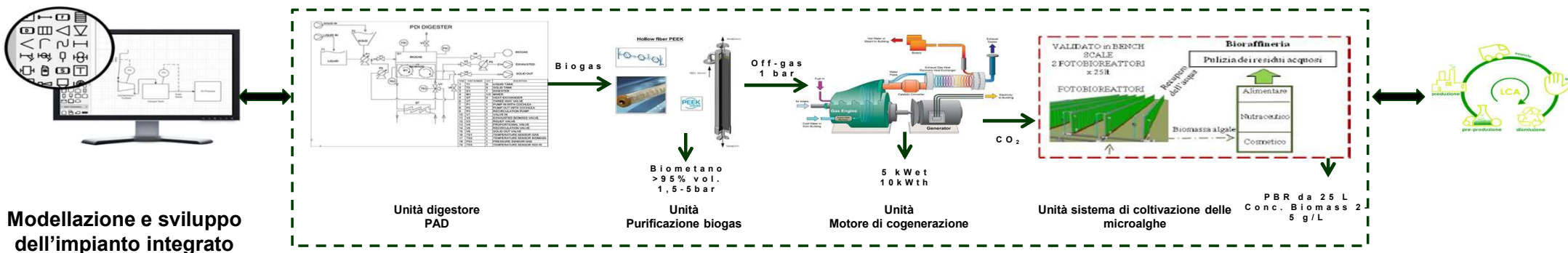
Key Enabling Technologies for organic waSTE and Microalgae valorization

KET4STEM - Key Enabling Technologies for organic waSTE and Microalgae valorization

Attività di supporto alle SME sulla coltivazione delle microalghe per il sequestro della CO₂ proveniente da processi di digestione anaerobica

Progetto PON Enterprises and Competitiveness – FESR 2014-2020 - Attività Finanziata al 100%

Attività di consulenza scientifica relativa alla valutazione economica e ambientale di un impianto di produzione di biogas con la cattura di CO ₂ in uscita attraverso un impianto di crescita microalgale e la valorizzazione delle microalghe per le applicazioni nel settore della nutraceutica, della cosmesi e dell'alimentazione animale	GREENFUEL	Durata 29/04/2021 – 26/11/2021
Attività di consulenza scientifica relativa allo sviluppo di tecnologie avanzate, basate sul sequestro dell'anidride carbonica rilasciata dagli impianti di digestione pressurizzata, al fine di ridurre i costi, altrimenti elevati, relativi alla coltivazione di specie microalgali selezionate da destinare al settore nutraceutico, cosmetico e mangimistico.	ECOENERGY	Durata 18/02/2020 – 09/12/2021
Attività di consulenza in relazione allo studio delle prestazioni della tecnologia PAD per la produzione di biometano pressurizzato e degli scenari di mercato dei bioprodotti	EDILGEN	Durata: 08/11/2019 – 02/11/2021





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- La microalga *Scenedsmus almeriensis*



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

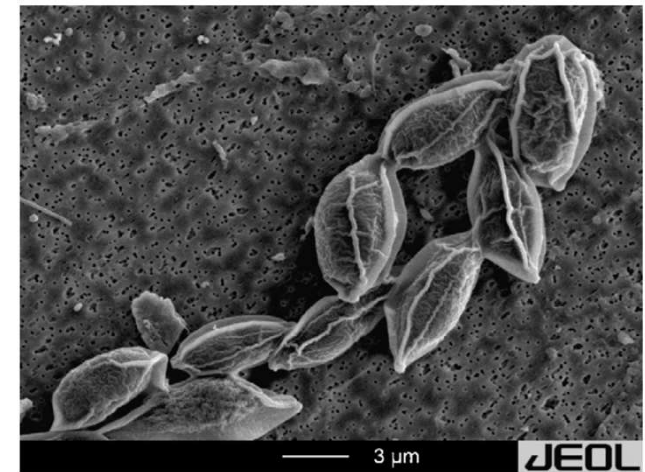
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

Scenedesmus almeriensis

Il ceppo è stato isolato per la prima volta in una pozza naturale a 45°C di temperatura e ad un'elevata esposizione solare 2000 mE/m² s in Almeria (Spagna), dall'Università dell'Almeria

- La morfologia della microalga è visibile in una foto acquisita al microscopio elettronico dagli autori Sanchez et al., 2008.
- Possiede 3 mm diametro e 6 mm di lunghezza con una forma ovale.
- Vive come singola cellula formando anche cluster da 6-10 cellule.
- Le cellule hanno una sottile e forte parete cellulare ed un intenso colore verde.
- Appartiene al genere *Scenedesmus/Desmodesmus* ed alla classe *Chlorophyceae*



Sánchez, J. F., Fernández, J. M., Ación, F. G., Rueda, A., Pérez-Parra, J., & Molina, E. (2008a). Influence of culture conditions on the productivity and lutein content of the new strain *Scenedesmus almeriensis*. *Process Biochemistry*, 43(4), 398-405.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Condizioni di crescita

Temperatura ottimale per la crescita e la produzione di luteina

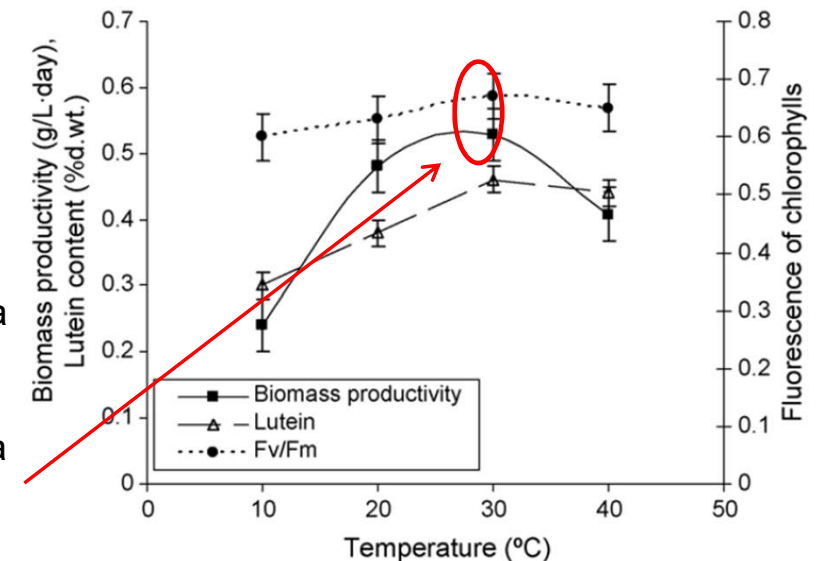
La microalga tollera temperature da 10 ai 45 °C (Sanchez et al., 2008b).

A basse temperature la concentrazione è inferiore ad 1 g/L.

Tra la temperatura di 30-40 °C la concentrazione della microalga raddoppia.

La concentrazione di luteina riflette l'andamento della concentrazione della biomassa rispetto al range di temperatura.

Sanchez et al., 2008 a, dimostra che la temperatura ottimale per la produttività della biomassa e della produzione di luteina è intorno ai 30 °C.



Sánchez, J. F., Fernández, J. M., Ación, F. G., Rueda, A., Pérez-Parra, J., & Molina, E. (2008a). Influence of culture conditions on the productivity and lutein content of the new strain *Scenedesmus almeriensis*. *Process Biochemistry*, 43(4), 398-405.

Sánchez, J. F., Fernández-Sevilla, J. M., Ación, F. G., Cerón, M. C., Pérez-Parra, J., & Molina-Grima, E. (2008b). Biomass and lutein productivity of *Scenedesmus almeriensis*: influence of irradiance, dilution rate and temperature. *Applied microbiology and biotechnology*, 79, 719-729.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

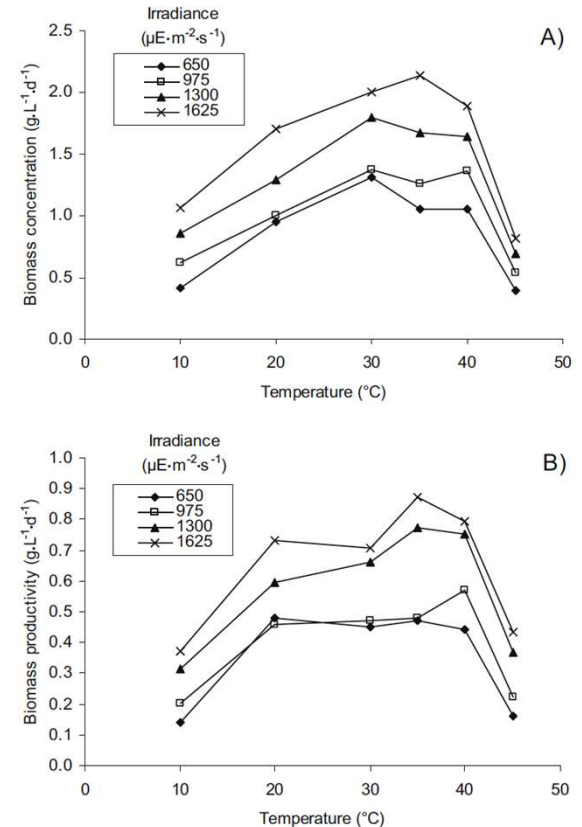
Condizioni di crescita

Irradianza e temperatura

La microalga cresce e resiste agli intervalli di irradianza compresi tra 650 e 1625 $\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ che simulano l'irradianza della luce solare esterna (Sanchez et al., 2008b)

Quindi è stata dimostrata una resistenza della microalga alle elevate esposizioni.

Insieme all'irradianza sono state anche testate diverse temperature dimostrando come questa specie possa raggiungere le concentrazioni maggiori alle temperature tra 30 – 40 °C ed alle irradianze più alte pari a 1300 e 1625 $\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Sanchez et al., 2008b)



Sánchez, J. F., Fernández-Sevilla, J. M., Ación, F. G., Cerón, M. C., Pérez-Parra, J., & Molina-Grima, E. (2008b). Biomass and lutein productivity of *Scenedesmus almeriensis*: influence of irradianza, dilution rate and temperature. *Applied microbiology and biotechnology*, 79, 719-729.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



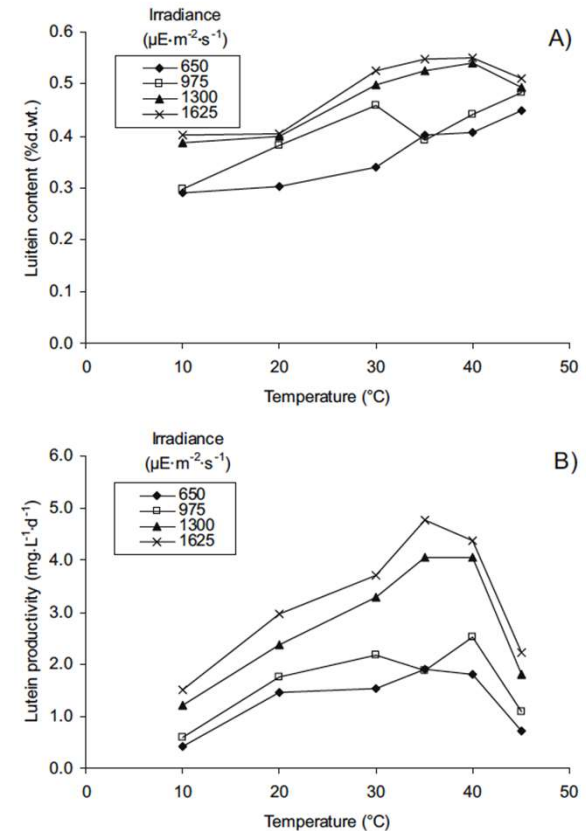
Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Produzione di luteina

Irradianza e temperatura

Anche la concentrazione di luteina e la produttività della luteina risultano positivamente influenzate dall'aumento della temperatura nell'intervallo 30 – 40 °C e dai livelli di irradianza più alta pari a 1300 e 1625 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Sanchez et al., 2008b)



Sánchez, J. F., Fernández-Sevilla, J. M., Ación, F. G., Cerón, M. C., Pérez-Parra, J., & Molina-Grima, E. (2008b). Biomass and lutein productivity of *Scenedesmus almeriensis*: influence of irradiance, dilution rate and temperature. *Applied microbiology and biotechnology*, 79, 719-729.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

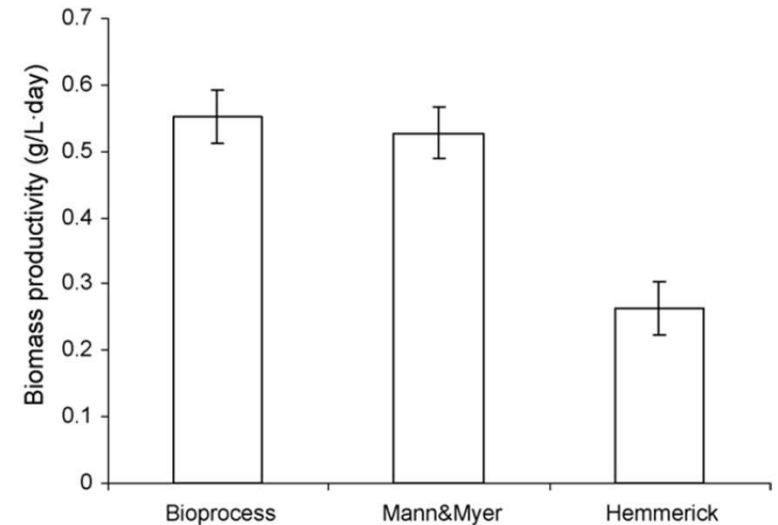


Condizioni di crescita

Mezzo di crescita

Tra le condizioni di crescita testata da altri autori è stato anche testato il mezzo di crescita più adatto a questa specie a determinate condizioni operative (Sanchez et al., 2008a)

I risultati hanno dimostrato come il mezzo di crescita Mann&Myer sia tra quelli più adatti per questa specie insieme al mezzo Bioprocess.



Condizioni operative: illuminazione 1100 $\mu\text{E}/\text{m}^2 \text{ s}$,
temperatura = 20 °C, pH 8.0, [NaCl] = 0 g/L.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Composizione della biomassa

Metaboliti primari	Percentuale su peso secco (%)	Metaboliti secondari Carotenoidi	Percentuale su peso secco (%)
Proteine	13-50 %	Luteina	0.53
Carboidrati	4 – 25 %	Beta-carotene	0.07
Lipidi	2 – 12 %	Cantaxantina	0.01
Ceneri	2 %	Violaxantina	0.03
		Astaxantina	0.05
		Totali	0.69



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- Caso studio



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Obiettivo

- ❑ Valutare l'effetto della CO_2 sulla crescita della microalga *Scenedesmus almeriensis*
- ❑ Studiare l'effetto di concentrazioni crescenti di CO_2 sulla crescita della microalga e sulla produzione di luteina
- ❑ Effettuare una valutazione comparativa della produzione e del contenuto di luteina ottenuto tra un fotobioreattore non convenzionale con una geometria del desing del fotobioreattore a bubble column con rapporto volume/superficie di 11.5 l/m^2 ed un fotobioreattore convenzionale con un rapporto $V/S > 50 \text{ l/m}^2$
- ❑ È stata fatta anche valutato l'effetto del riuso di una parte del mezzo di coltura sulla crescita della microalga e sul contenuto luteina



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Condizioni di crescita

Condizioni di crescita

Temperature (° C): 28

pH: 7.5-8.5

Luce: Bianca

Intensità
(lux sulla superficie): 4500

Mezzo di crescita (Mann e Myer's (1968))

Macronutrients	Concentration (g/L)
MgSO ₄ * 7H ₂ O	1.2
NaNO ₃	1.0
CaCl ₂	0.30
K ₂ HPO ₄	0.10
Micronutrients	Concentration (g/L)
FeSO ₄ * 7H ₂ O	2.0
MnCl ₂	1.4
ZnSO ₄ * 7H ₂ O	0.33
Co(NO ₃) ₂ * 6H ₂ O	0.007
CuSO ₄ * 5H ₂ O	0.2
MgSO ₄ * 7H ₂ O	1.2

Modificato Mann e Meyers (1968)

Il mezzo di crescita è stata preparato aggiungendo i vari ingredienti, portato a volume e sterilizzato a 120 °C per 15 min ad 1 atm.



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

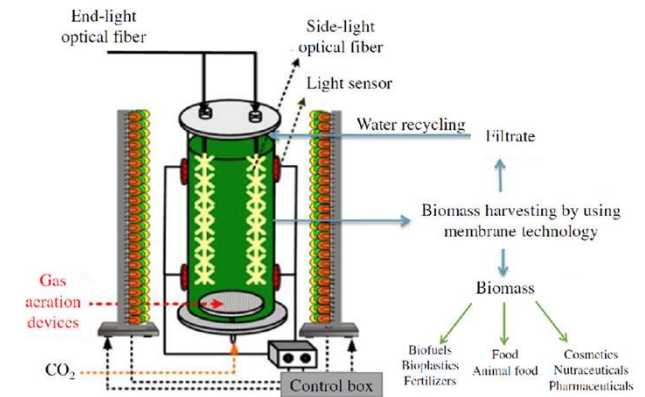


Schema dell'impianto

- PBR**
Altezza = 680 mm;
Diametro esterno = 250 mm;
spessore = 10 mm
Volume 28 litri
Rapporto volume superficie (V/S)= 56.5 L/m²
- PBR**
Altezza = 680 mm;
Diametro esterno = 60 mm;
spessore = 10 mm
Volume: 1.2 litri
Rapporto volume superficie (V/S)= 11.5 L/m²



Mass flow control



Molino, A., Mehariya, S., Iovine, A., Casella, P., Marino, T., Karatza, D., ... & Musmarra, D. (2020). Enhancing biomass and lutein production from *Scenedesmus almeriensis*: effect of carbon dioxide concentration and culture medium reuse. *Frontiers in Plant Science*, 11, 415.

Sinottico per il controllo del pH, temperatura, portata e impostazioni % Spettro luce e % intensità



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

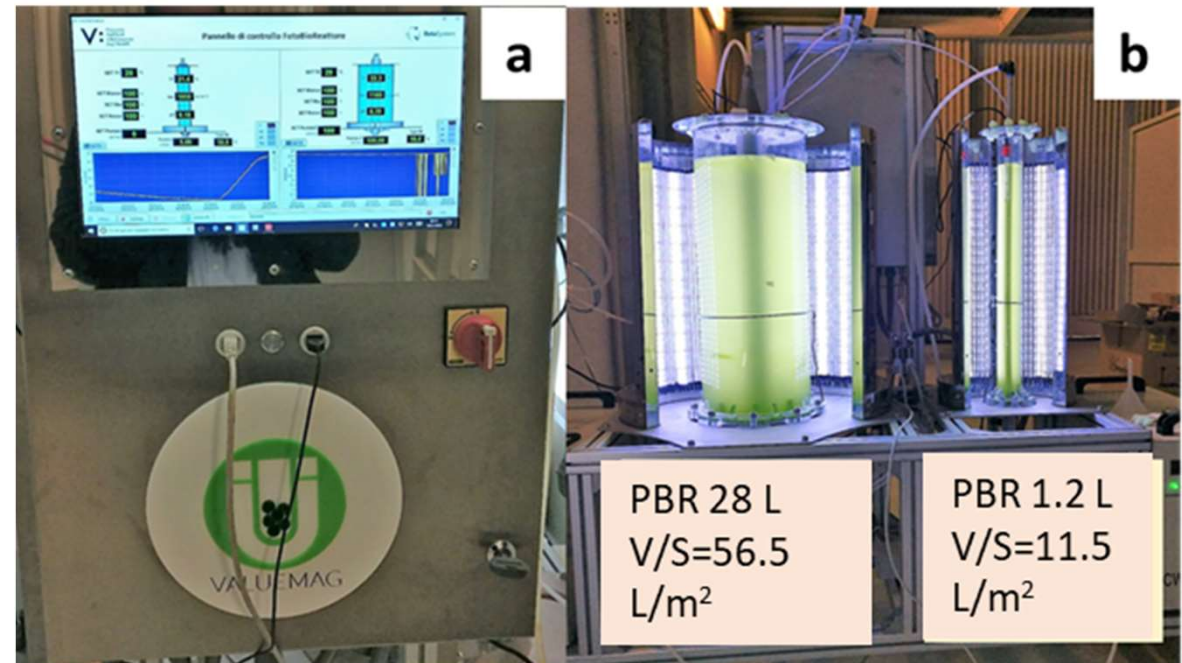
Disegno sperimentale

Condizioni di crescita

Temperature (° C):	28
pH:	7.5-8.5
Luce:	Bianca
Intensità (lux sulla superficie):	4500

Parametri sperimentali

CO ₂ concentrazione (%):	0.0 -0.5-1.5- 3.0
Flusso (mL/min):	300 e 50
PBR (a):	28 L V/S = 56.5 L/m ²
PBR (b):	1.2 L V/S = 11.5 L/m ²





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Misure della crescita della microalga *S. almeriensis*

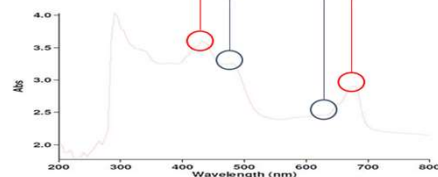


Coltura *S. almeriensis*



Chlorophyll-a (at 420 nm and 690 nm)

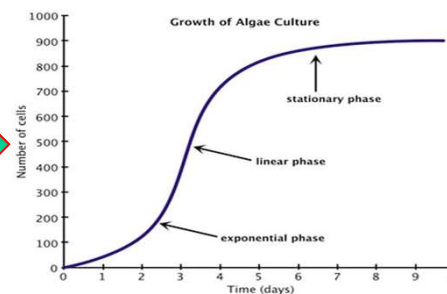
Chlorophyll-b (at 480 nm and 620 nm)



Concentrazione della microalga (g/L) = $0,0867 * A - 0,1868$

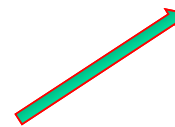


S. almeriensis biomassa secca



Source: <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/694>

Misura della crescita della microalga





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

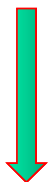


Misure del contenuto dei cationi/anioni nel mezzo di crescita



Coltura *S. almeriensis*

Filtrazione su filtro a
membrana da 0.22 μm



Filtrato

Misura cationi ed anioni tramite Dionex ICS-1100

S. almeriensis
biomassa umida



Liofilizzazione



S. almeriensis
biomassa secca



Pretrattamento
200 rpm

Estrazione accelerata con
solvente



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani

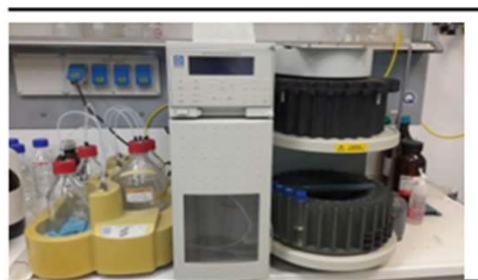
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Estrazione e quantificazione della luteina



Estrazione
accelerata con
solvente



Evaporazione del solvente

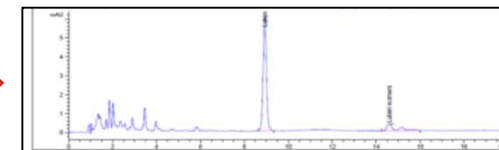
**Quantificazione peso secco
estratto**



S. almeriensis estratti



Agilent 1290 Infinity II uHPLC per
l'analisi della luteina



**Quantificazione del
contenuto di luteina**

Calcolo resa estrattiva

Condizioni operative	
Solvente	etanolo
Temperatura °C	67
Pressione (bar)	100
Tempo di estrazione (min)	20-30
Cicli di estrazione	2



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- Risultati



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



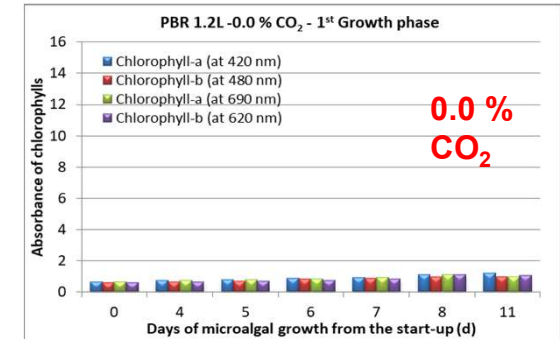
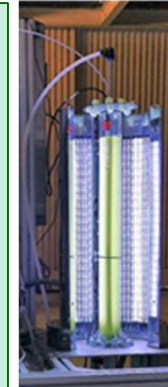
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



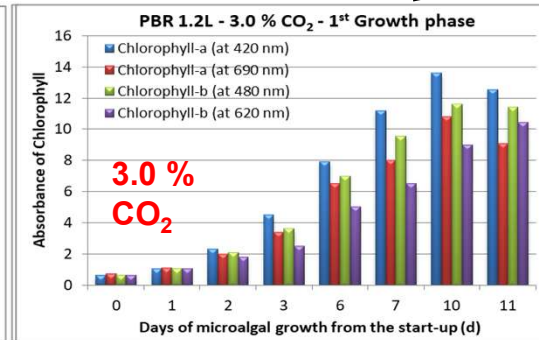
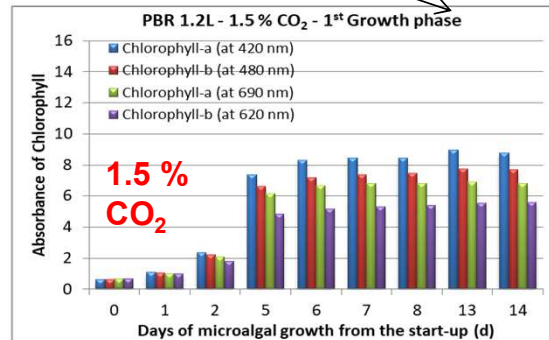
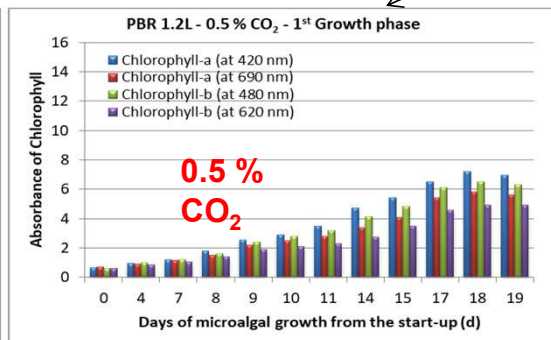
Effetto delle concentrazioni crescenti di CO₂ sulla specie *Scenedesmus almeriensis* (1st Growth phase) nel PBR con V/S = 11.5 l/m²

Condizioni crescita

Temperatura (° C):	28
pH:	7.5-8.5
CO ₂ concentrazione (%):	0.0 -0.5-1.5-
Flusso (mL/min):	50
Luce%:	100% white
Intensità (lux su superficie):	4500



La crescita della microalga aumenta con l'aumentare della CO₂





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



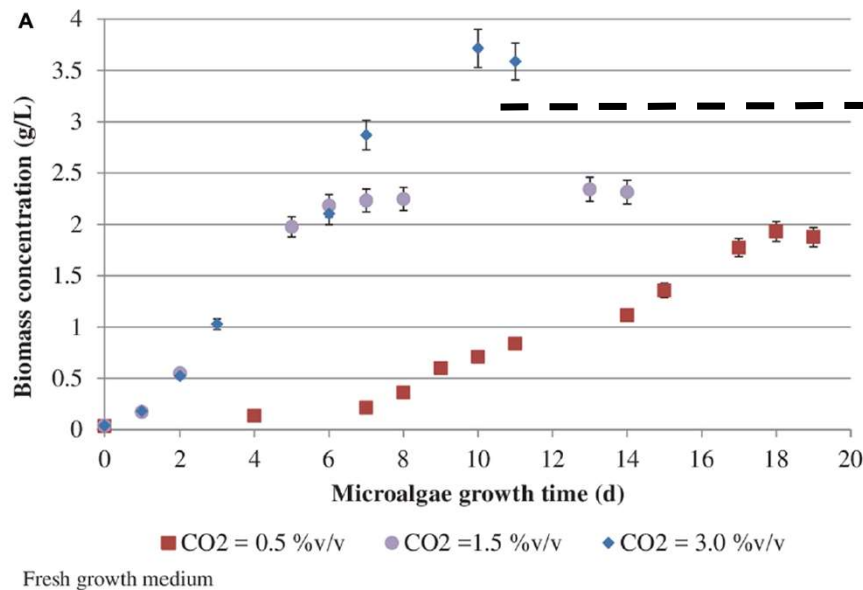
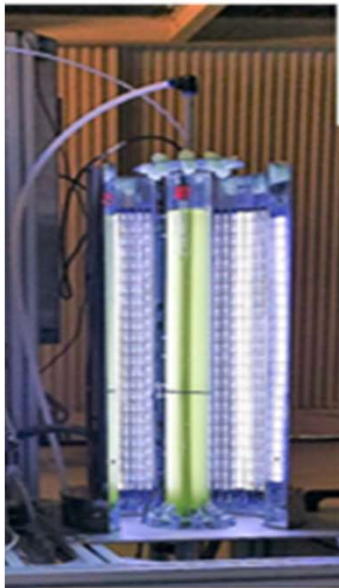
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Biomassa prodotta (g/L) nel PBR con $V/S = 11.5 \text{ l/m}^2$



3.1 g/L

Sánchez et al., 2008 hanno ottenuto una concentrazione di biomassa pari a 3,1 g/L in un fotobioreattore a colonna a bolle con $V/S=21 \text{ l/m}^2$ alimentato con aria

La concentrazione di biomassa aumenta sotto l'effetto della concentrazione di CO_2 . Le condizioni migliori sono state riscontrate nella prima crescita con il 3,0% di CO_2 , ottenendo una produzione di biomassa pari a 3,59 g/L.

Molino, A., Mehariya, S., Iovine, A., Casella, P., Marino, T., Karatza, D., ... & Musmarra, D. (2020). Enhancing biomass and lutein production from *Scenedesmus almeriensis*: effect of carbon dioxide concentration and culture medium reuse. *Frontiers in Plant Science*, 11, 415.



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



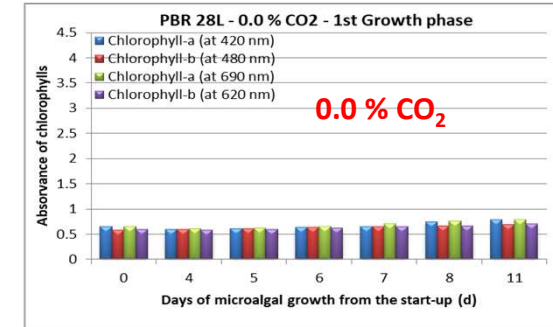
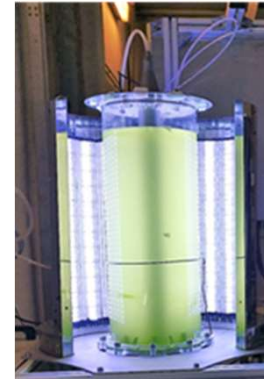
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



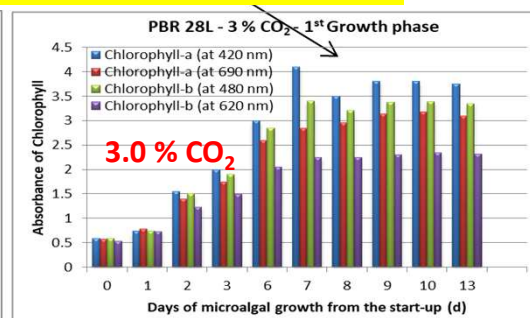
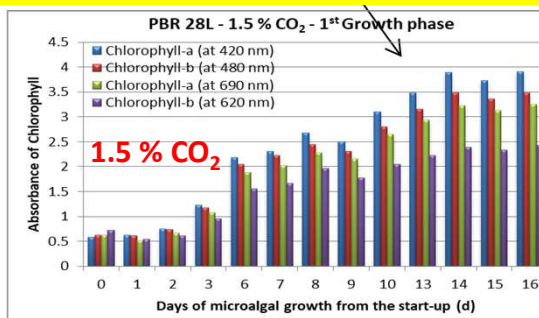
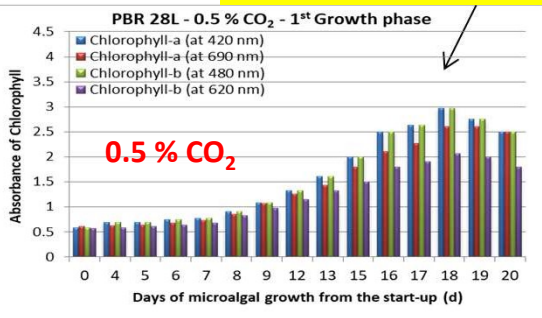
Effetto delle concentrazioni crescenti di CO₂ sulla specie *Scenedesmus almeriensis* (1st Growth phase) nel PBR con V/S =56.5 l/m²

Condizioni di crescita

Temperatur (° C):	28
pH:	7.5-8.5
CO ₂ concentration (%):	0.0 -0.5-1.5-3.0
Flow rate (mL/min):	300
Light color and %:	100% white
Light intensity (lux on surface):	4500



L'effetto della CO₂ è ancora osservato anche sulla crescita della microalga *S. almeriensis* nel PBR con V/S=56.5 l/m²





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



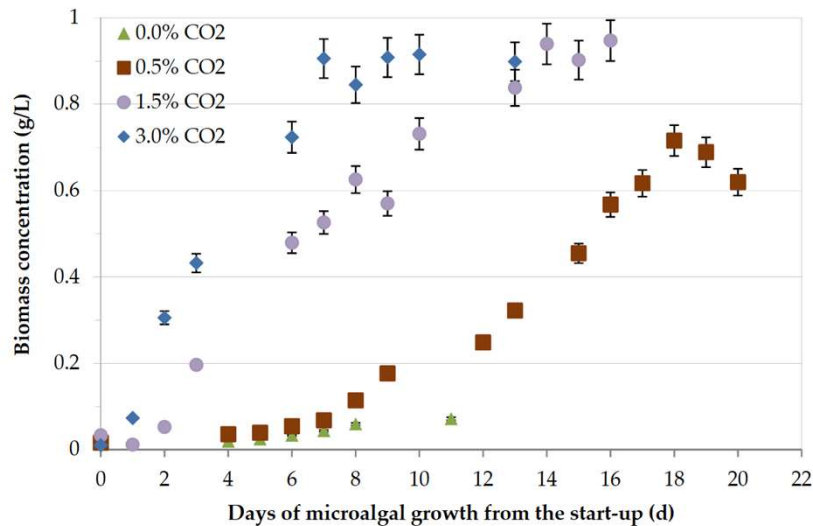
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Biomassa prodotta (g/L) nel PBR con V/S =56.5 l/m²



- La concentrazione di biomassa osservata nel PBR con rapporto V/S 56,5 l/m² è inferiore a quella ottenuta nel PBR non convettivo.
- L'effetto positivo della CO₂ sulla concentrazione di biomassa è evidente anche in questo caso, ma non è stata riscontrata alcuna differenza statistica tra le concentrazioni di CO₂ 1,5 e 3,0 %.(p> 0.05).

Molino, A., Mehariya, S., Karatza, D., Chianese, S., Iovine, A., Casella, P., ... & Musmarra, D. (2019). Bench-scale cultivation of microalgae *Scenedesmus almeriensis* for CO₂ capture and lutein production. *Energies*, 12(14), 2806.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

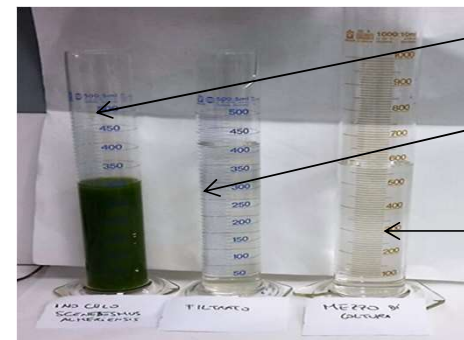
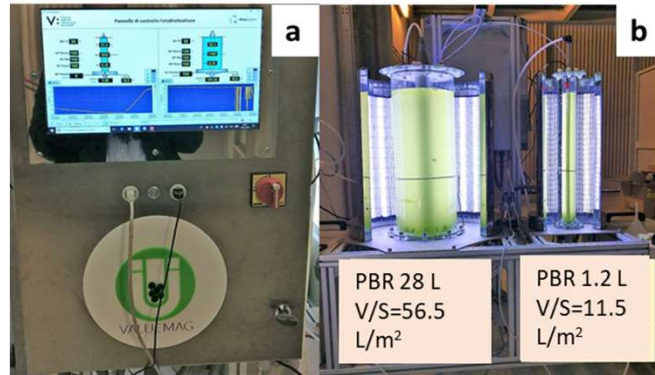


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



□ Valutare l'effetto del riuso del mezzo di crescita sull'andamento della crescita della microalga e la produzione di luteina

2 nd growth conditions	
Temperature (° C):	28
pH:	7.5-8.5
CO ₂ concentration (%):	0.0 -0.5-1.5-
Flow rate (mL/min):	50
Light color and %:	100% white
Light intensity (lux on surface):	4500



S. almeriensis cultura

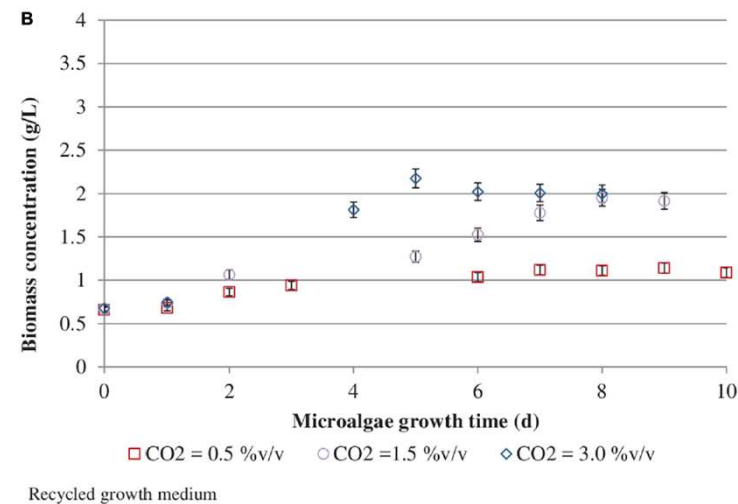
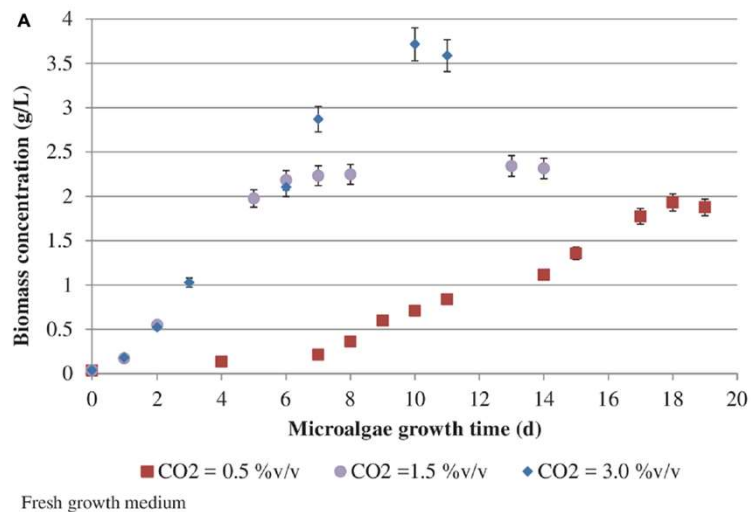
Filtrata

Mezzo di crescita fresco

- Inoculo 19-23%
- Mezzo di crescita fresco 46-55%
- Mezzo di crescita riutilizzato 26-32%



Biomassa prodotta (g/L) nel PBR con $V/S = 11.5 \text{ l/m}^2$: comparazione tra 1° e 2° crescita



- La più alta concentrazione di biomassa è stata ottenuta utilizzando il 3,0% v/v di CO_2 in 10 giorni ottenendo la concentrazione di 3,7 g/L
- La concentrazione di biomassa ottenuta on un contenuto di CO_2 dell'1,5%v/v (tempo di coltivazione = 14 giorni) è di circa 2,3 g/L mentre il contenuto è di 1,9 g/L (tempo di coltivazione 18 giorni) utilizzando dello 0,5%v/v di CO_2 ;
- La concentrazione di biomassa decresce quando riutilizzato in parte il terreno di crescita. Dopo 6 giorni di coltivazione, il terreno di coltura riutilizzato ha causato la saturazione della crescita cellulare per tutte le concentrazioni di CO_2 studiate.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



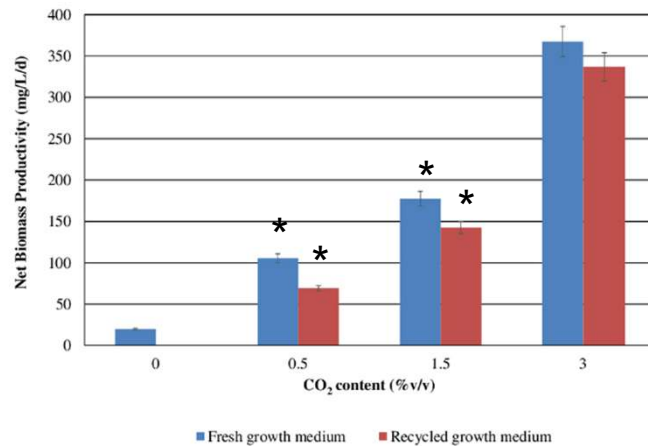
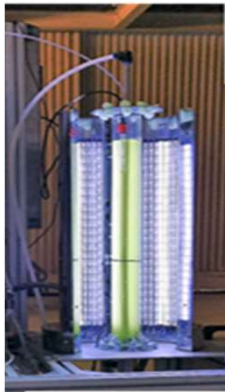
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Produttività netta (g/L) nel PBR con V/S =11.5 l/m² comparazione tra 1° e 2° crescita



- Sono state osservate differenze significative nella produttività della biomassa tra il terreno di crescita fresco e quello riutilizzato sia con un contenuto di CO₂ pari a 0,5% (p<0,00049) e dell'1,5% (p<0,0017) v/v.
-
- Non sono state osservate differenze statisticamente significative al 3% v/v di CO₂.
- Sia in presenza del terreno fresco che di quello riciclato, la produttività della biomassa aumenta in concomitanza con il contenuto di CO₂, passando da circa 100 a circa 360 mg/L/giorno con il terreno fresco e da circa 75 mg/L/giorno a circa 340 mg/L/giorno con il terreno riutilizzato.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



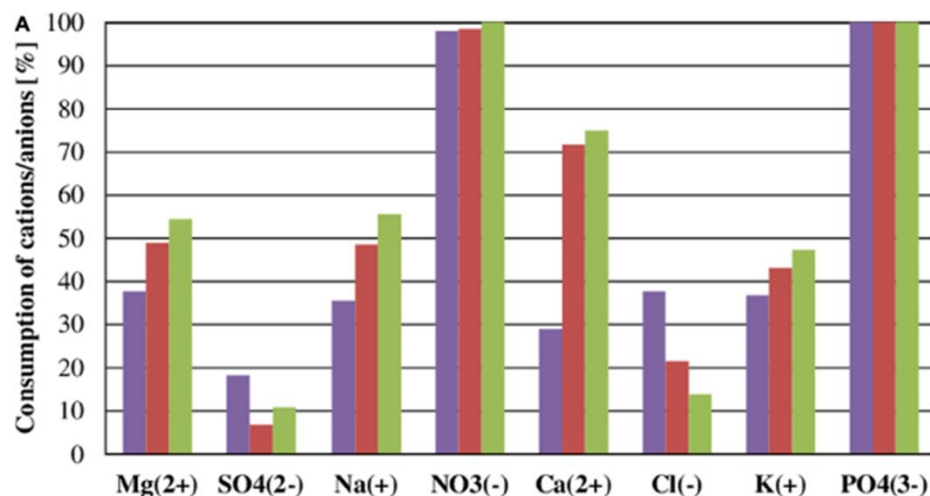
Italiadomani

PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

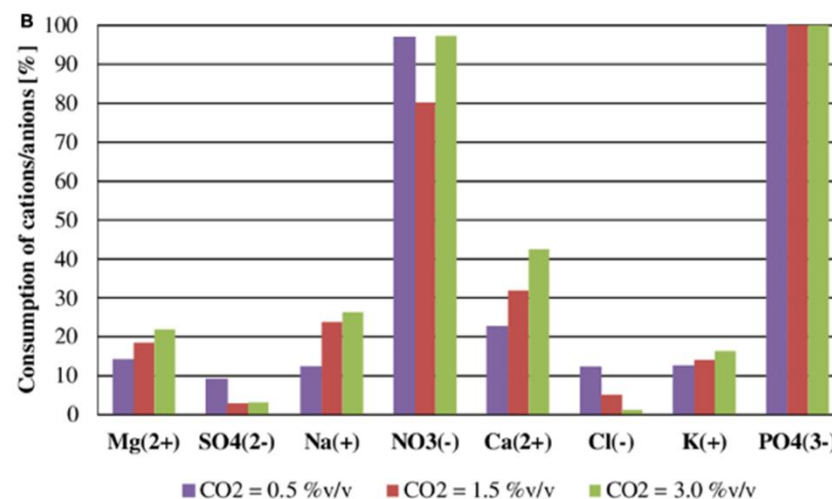


Consumo di cationi e anioni nella coltura di *S. almeriensis* coltivata nel PBR con V/S =11.5 l/m²

Mezzo di crescita fresco – 1° fase di crescita



Mezzo di crescita riutilizzato – 2° fase di crescita



- N e P sono stati altamente consumati in tutte le condizioni sperimentali.
- Il consumo di NO₃ è leggermente diminuito (80-97%) nella crescita con terreno riciclato.
- Più alto è il contenuto di CO₂, più alto è il consumo di nutrienti, ad eccezione di Cl⁻ e SO₄²⁻.
- Il maggior consumo di Cl⁻ e SO₄²⁻ è del 37 e 18%, rispettivamente nella prima crescita a 0.5% di CO₂ v/v



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



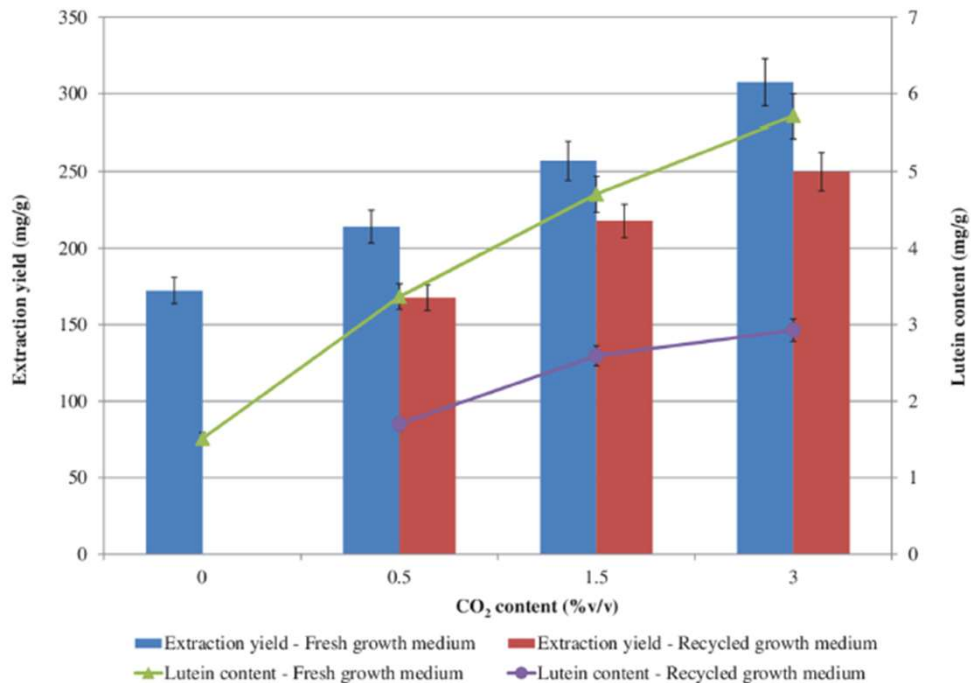
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



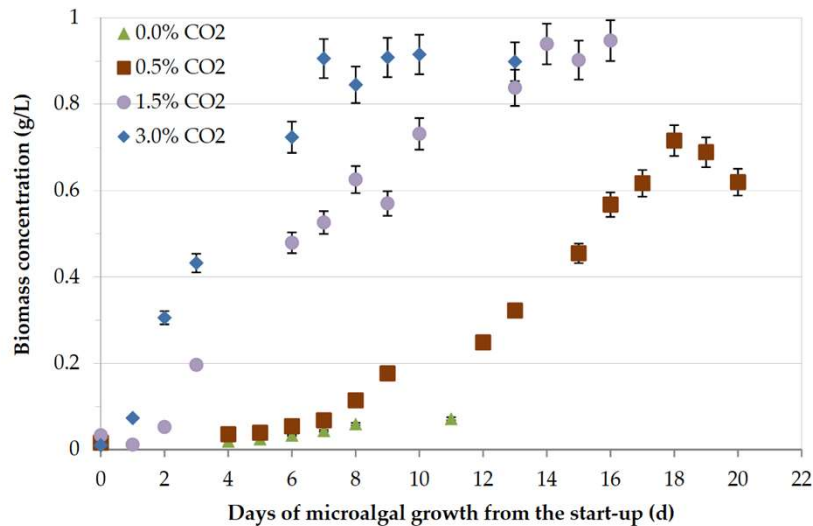
Contenuto e resa estrattiva della luteina prodotta dalla microalga *S. almeriensis* coltivata nel PBR con V/S =11.5 l/m²



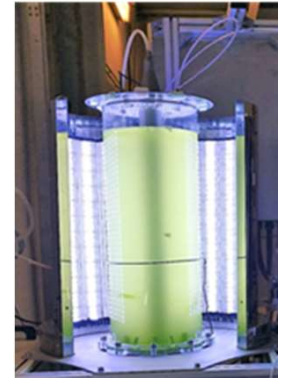
- Maggiore è la concentrazione di CO₂, maggiore è la resa di estrazione e il contenuto di luteina, sia con il terreno di crescita fresco che con quello riutilizzato. Tuttavia, con il terreno di coltura riutilizzato, sono stati riscontrati valori di resa di estrazione e contenuto di luteina leggermente inferiori rispetto alla crescita con quello fresco.
- La resa di estrazione più alta (307,44 mg/g) e il contenuto di luteina più elevato (5,71 mg/g) sono stati ottenuti con un contenuto di CO₂ del 3,0%v/v nel terreno di crescita fresco.



Biomassa prodotta (g/L) nel PBR con $V/S = 56.5 \text{ l/m}^2$:



- Con un contenuto di CO_2 pari a 0 %v/v ($\text{O}_2 = 21 \text{ %v/v}$, $\text{N}_2 = 79 \text{ %v/v}$), è stata osservata una concentrazione massima di biomassa pari a 0,07 g/L dopo 11 giorni di coltivazione.
- Con un contenuto di CO_2 pari a 0,5%v/v, la concentrazione di biomassa è aumentata a 0,72 g/L dopo 18 giorni di coltivazione.
- Con un contenuto di CO_2 dell'1,5%v/v e del 3%v/v, sono state raggiunte le massime concentrazioni di biomassa pari a 0,95 g/L e a 0,92 g/L dopo un tempo di coltivazione di 16 giorni e dopo un tempo di coltivazione di 10 giorni.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



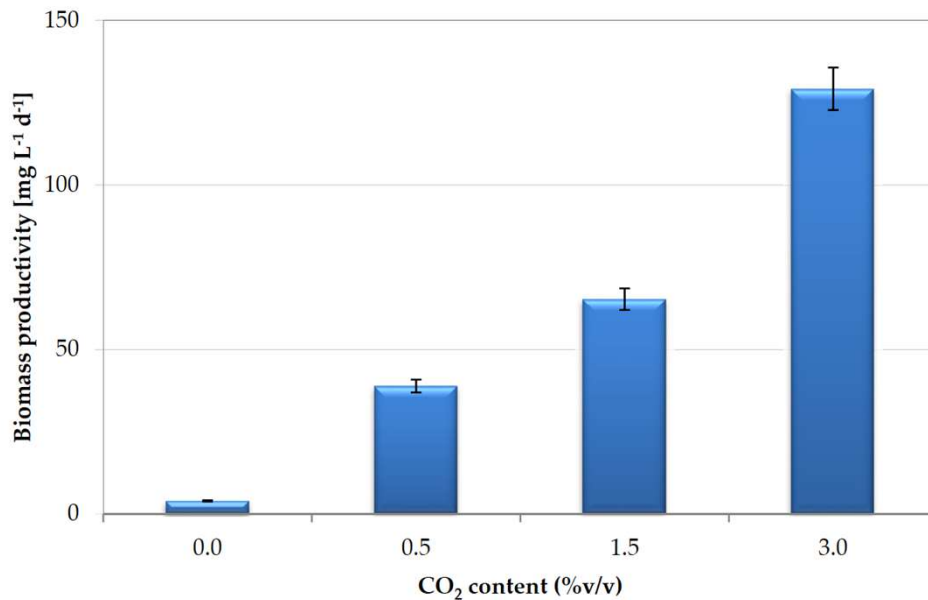
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



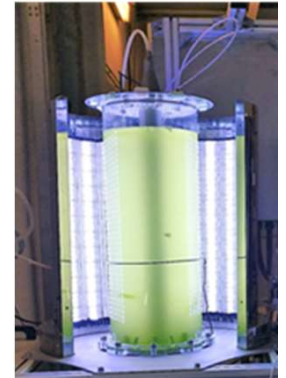
Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

Produttività netta (g/L) nel PBR con V/S =56.5 l/m²



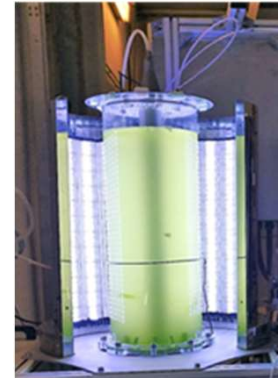
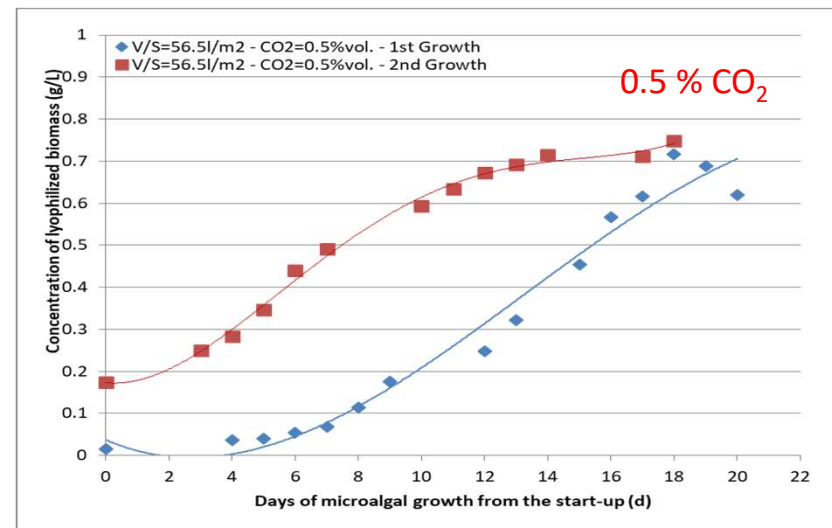
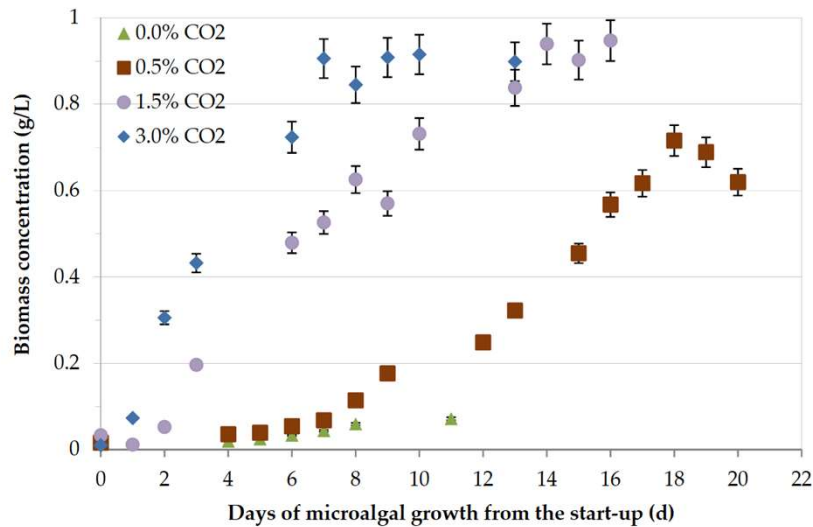
- Aumentando il contenuto di CO₂ da 0 a 3 %v/v, la produttività della biomassa è aumentata da circa 4 mg/L/giorno a circa 130 mg/L/giorno
- L'aumento della produttività dalla concentrazione di CO₂ da 0% a 3.0% è di 32 volte superiore.
- la produttività è stata registrata a 39 mg/L/giorno e 65 mg/L/giorno alle concentrazioni di CO₂ pari a 0,5%v/v e 1,5%v/v, rispettivamente.



Molino, A., Mehariya, S., Karatza, D., Chianese, S., Iovine, A., Casella, P., ... & Musmarra, D. (2019). Bench-scale cultivation of microalgae *Scenedesmus almeriensis* for CO₂ capture and lutein production. *Energies*, 12(14), 2806.



Biomassa prodotta (g/L) nel PBR con $V/S = 56.5 \text{ l/m}^2$: comparazione tra 1° e 2° crescita



- La crescita della microalga nel PBR con $V/S 56.5 \text{ l/m}^2$ risulta non significativamente differente quando si riutilizza il mezzo di crescita e la concentrazione di CO_2 pari a 0.5 % v/v.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



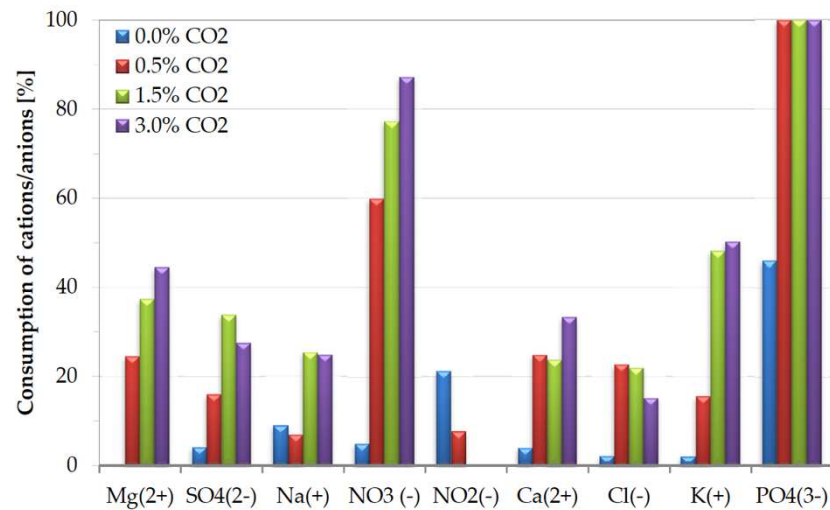
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Consumo di cationi ed anioni della microalga *S. almeriensis* coltivata nel PBR con V/S =56.5 l/m²



- Lo ione fosfato è stato totalmente consumato a tutte le concentrazioni di CO₂
- Il consumo dello ione nitrato aumenta all'incremento della concentrazione di CO₂
- Il consumo dello ione nitrato è stato pari a 5.0% 60% 72.3% 87.2% alle concentrazioni crescenti di CO₂
- A seguire gli ioni più utilizzati sono il magnesio ed il potassio all'aumentare della concentrazione di CO₂



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



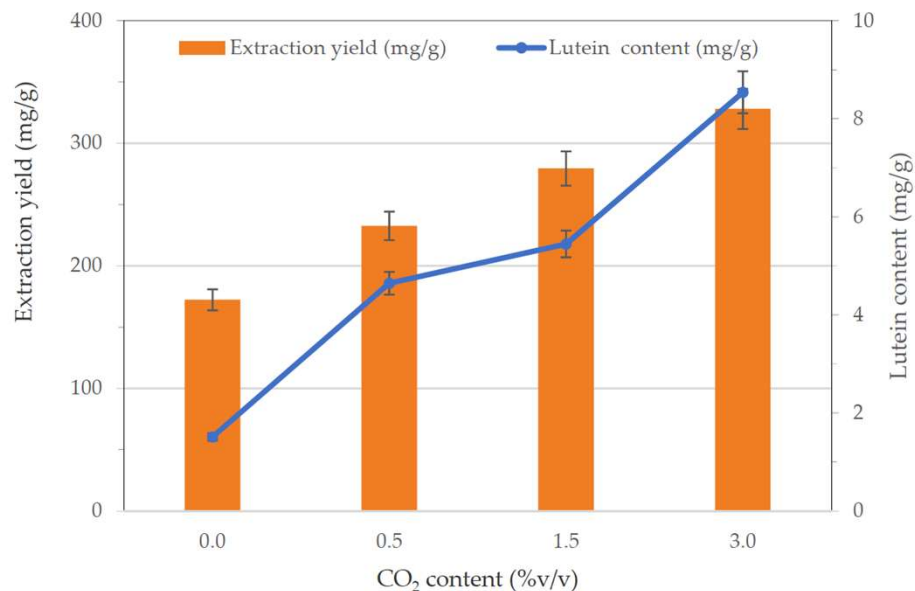
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Contenuto e resa estrattiva della luteina prodotta dalla microalga *S. almeriensis* coltivata nel PBR con $V/S = 56.5 \text{ l/m}^2$



La biomassa di *S. almeriensis* raccolta durante la crescita con un contenuto di CO₂ dello 0,0%v/v ha mostrato una resa di estrazione di circa 172,28 mg/g con un contenuto di luteina di 1,51 mg/g

Con un contenuto di CO₂ dello 0,5%v/v, è stato riscontrato un aumento della resa di estrazione di 1,4 volte e un contenuto di luteina di 3,1 volte superiore a quello misurato in assenza di CO₂.

La resa di estrazione e il contenuto di luteina più elevati, pari rispettivamente a 328,05 mg/g e 8,54 mg/g sono stati ottenuti alimentando le microalghe con una miscela gassosa contenente il 3% di CO₂



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



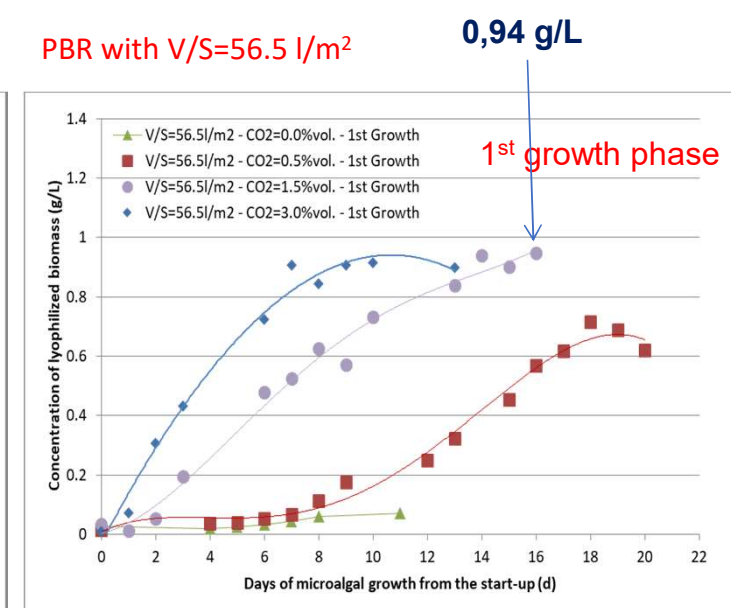
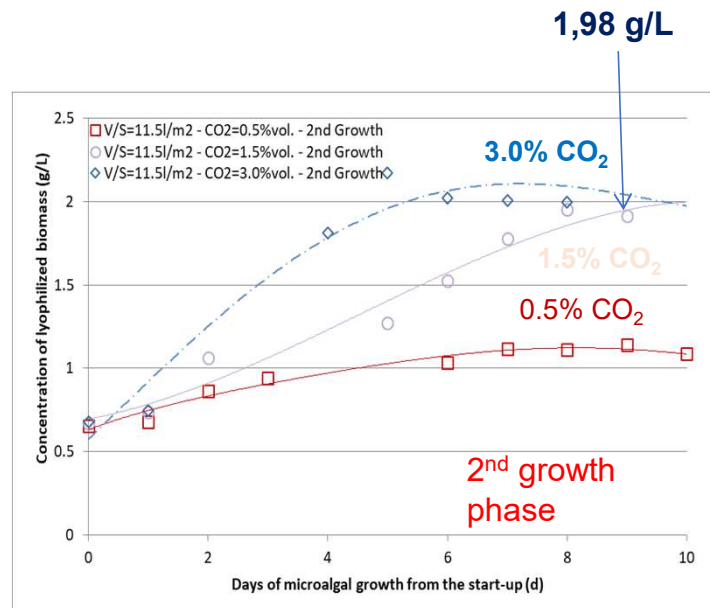
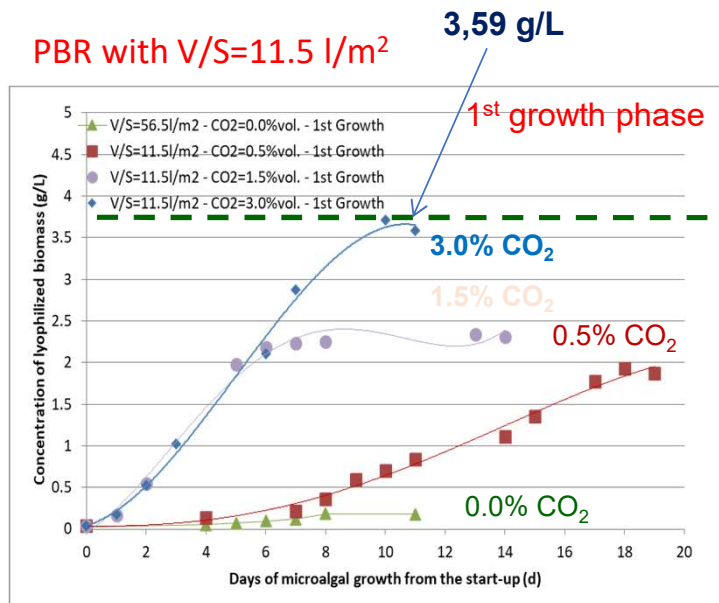
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Biomassa prodotta (g/L): comparazione tra PBR con $V/S = 11.5$ e $V/S = 56.5$ l/m² e tra 1° e 2° crescita



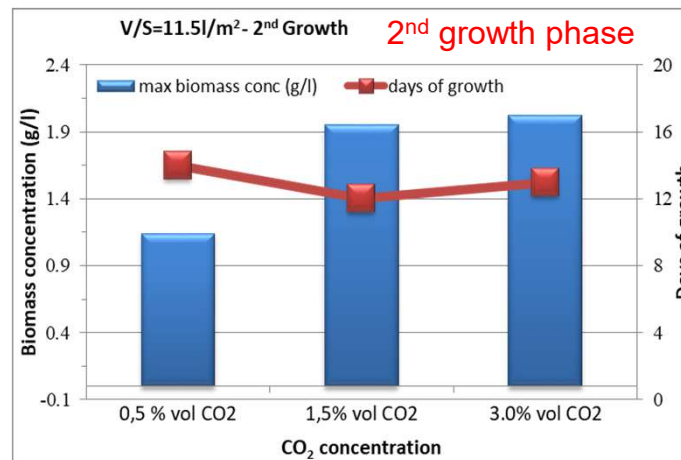
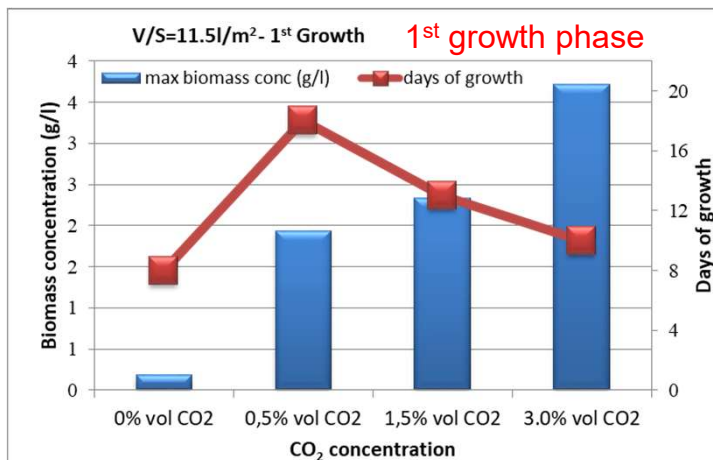
Nel PBR con $V/S = 11,5$ l/m² il valore massimo di concentrazione (3,59 g/L) è stato ottenuto nella prima crescita ad una concentrazione di CO₂ pari al 3,0%, mentre nella seconda crescita il valore più alto di concentrazione di 1,98 g/L è stato osservato in entrambe le concentrazioni di CO₂ dell'1,5% e del 3,0%.

Nel PBR con $V/S = 56,5$ l/m² è stata osservata la più alta concentrazione di biomassa (0,94 g/L) sotto l'effetto della concentrazione di CO₂ dell'1,5%.

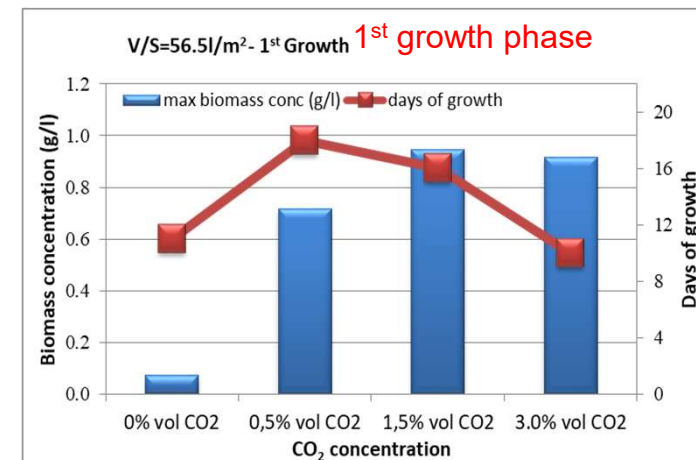


Comparazione della biomassa prodotta e dei giorni di coltivazione

PBR with $V/S=11.5 \text{ l/m}^2$ -



PBR with $V/S=56.5 \text{ l/m}^2$ -



- Le più alte concentrazioni di biomassa sono state ottenute sotto l'effetto delle più alte concentrazioni di CO₂.
- Nel PBR con $V/S 11,5 \text{ l/m}^2$ e $V/S 56,5 \text{ l/m}^2$, durante la prima fase di crescita con una concentrazione di CO₂ del 3,0% è stata osservata anche una diminuzione del tempo di crescita.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Comparazione del consumo di cationi/anioni tra le tipologie di coltivazioni testate

- Il fosfato viene totalmente utilizzato dalla microalga indipendentemente dalla tipologia di coltivazione nei due PBR, a tutte le concentrazioni di CO₂ e quando viene utilizzato mezzo fresco o riutilizzato
- Il consumo di nitrato risulta quasi al 100% nella coltivazione della microalga nel PBR non convenzionale quando si utilizza CO₂ al 3.0% mentre il consumo è inferiore (87%) nel PBR convenzionale a parità di concentrazione di CO₂
- Il cloro ed il solfato vengono meno consumati nel processo di crescita nel PBR non convenzionale, il cui consumo diminuisce quando si riutilizza il mezzo di crescita.
- Diversamente nel processo di crescita nel PBR convenzionale è il nitrato ad essere meno consumato in particolare alla concentrazione di CO₂ pari a 1.5% e 3.0% v/v.



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

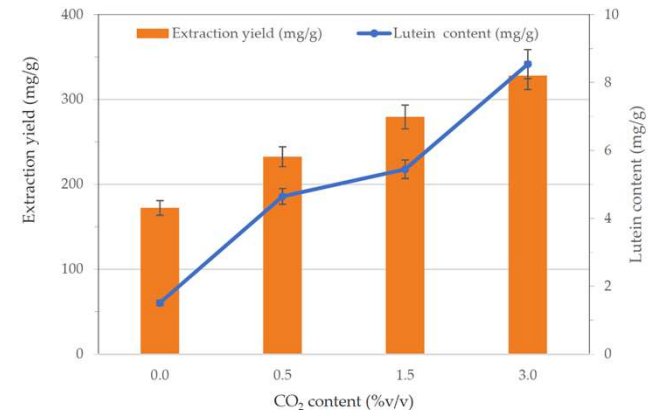
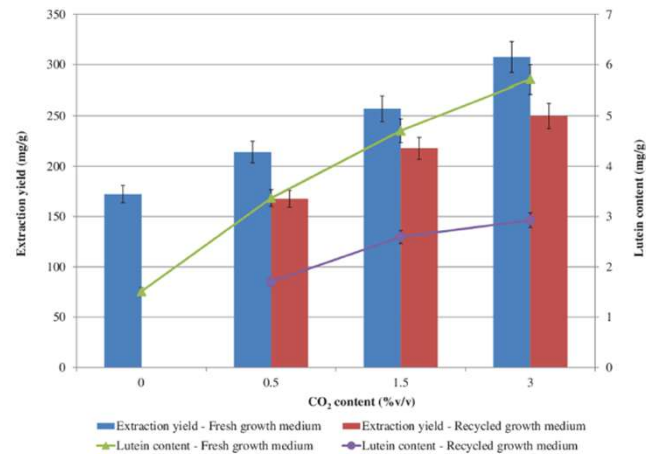


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Comparazione della resa estrattiva e del contenuto di luteina

- Nel PBR non convenzionale con il rapporto V/S 11.5 l/m² è stata ottenuta una resa estrattiva di 307.44 mg/g ed un contenuto di luteina pari a 5.71 mg/g utilizzando il 3.0% della CO₂ v/v nella prima fase di crescita con il mezzo di crescita fresco.
- Nella seconda fase di crescita la resa estrattiva ed il contenuto di luteina è diminuito.
- Nel PBR convenzionale con il rapporto V/S 56.5 l/m² è stata ottenuta una resa estrattiva di 328.5 mg/g ed un contenuto di luteina pari a 8.54 mg/g utilizzando il 3.0% della CO₂ v/v.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

Conclusioni

- ❖ Il PBR con $V/S=11,5 \text{ l/m}^2$ ha portato alla produzione massima di biomassa di 3,59 g/l in 10 giorni, mentre il PBR con $V/S=56,5 \text{ l/m}^2$ ha portato a circa 0,91 g/l di biomassa in 10 giorni con il 3% di CO_2 .
- ❖ Il riciclo dell'acqua effettuato sulla coltura nel PBR con $V/S=11,5 \text{ l/m}^2$ ha portato alla produzione massima di biomassa di 2,0 g/l in 11 giorni con il 3% di CO_2 .
- ❖ Complessivamente, il PBR con $V/S=11,5 \text{ l/m}^2$ ha dato risultati migliori per la produzione di biomassa rispetto al PBR con $V/S=56,5 \text{ l/m}^2$



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Pubblicazioni



ORIGIN
publische
doi: 10.3389/

Enhancing Biomass and Lutein Production From *Scenedesmus almeriensis*: Effect of Carbon Dioxide Concentration and Culture Medium Reuse

Antonio Molino¹, Sanjeet Mehariya^{1,2}, Angela Iovine^{1,2}, Patrizia Casella¹, Tiziana Marino², Despina Karatza², Simeone Chianese^{2*} and Dino Musmarra²

¹ Department of Sustainability-CR Portici, ENEA Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Portici, Italy, ² Department of Engineering, University of Campania "Luigi Vanvitelli", Aversa, Italy



Article

Bench-Scale Cultivation of Microalgae *Scenedesmus almeriensis* for CO₂ Capture and Lutein Production

Antonio Molino¹, Sanjeet Mehariya^{1,2}, Despina Karatza², Simeone Chianese^{2,*}, Angela Iovine^{1,2}, Patrizia Casella¹, Tiziana Marino² and Dino Musmarra²

- ¹ ENEA, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Department of Sustainability-CR Portici, P. Enrico Fermi, 1, 80055 Portici (NA), Italy
 - ² Department of Engineering, University of Campania "Luigi Vanvitelli", Real Casa dell'Annunziata, Via Roma 29, 81031 Aversa (CE), Italy
- * Correspondence: simeone.chianese@unicampania.it; Tel.: +39-081-5010237

Received: 18 June 2019; Accepted: 21 July 2019; Published: 22 July 2019



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 74, 2019

Guest Editors: Sauro Pierucci, Jifi Jaromir Klemš, Laura Piazza
Copyright © 2019, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608-71-6; ISSN 2283-9216

1411



DOI: 10.3303/CET1974236

Scenedesmus Almeriensis Solutions Dewatering By Using PVDF Membrane

Tiziana Marino^{a,b}, Alberto Figoli^a, Elena Chianese^c, Juri Rimauro^d, Sanjeet Mehariya^{b,d}, Dino Musmarra^b, Antonio Molino^{d,*}

^a Institute on Membrane Technology, National Research Council (ITM-CNR) Via Pietro Bucci, Cubo 17C, 87036 Rende (CS), Italy

^b Department of Engineering, University of Campania "Luigi Vanvitelli", Via Roma, 29 - 81031 Aversa, Italy

^c Department of Science and Technology, Parthenope University of Naples, Centro Direzionale Isola C4, 80143, Naples, Italy

^d Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA), Territorial and Production System Sustainability Department, CR Portici Piazzale Enrico Fermi, 1 - 80055, Portici, Italy
antonio.molino@enea.it



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

Grazie per l'attenzione

Organizzatore e Responsabile dell'unità operativa UO11: Ing. Antonio Molino

Responsabile del laboratorio PROBIO: Dott. Roberto Balducci

Coordinatore delle attività Responsabile ENEA per il progetto PNRR SUS-MIRRI.IT: Dott.ssa Annamaria Bevivino

Docente e curatore della collezione della UO11: Dott.ssa Patrizia Casella