



# **UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE**

Corso di Laurea in Scienze Biologiche

## **DIFFERENTIAL EFFECTS OF POLLUTION ON ADULT AND RECRUITS OF A CANOPY-FORMING ALGA: IMPLICATIONS FOR POPULATION VIABILITY UNDER LOW POLLUTANT LEVELS**

## **GLI EFFETTI DEI DIFFERENTI INQUINANTI SU ADULTI E RECLUTE DI UN' ALGA FORMANTE CHIOMA: LE IMPLICAZIONI SULLA SOPRAVVIVENZA DELLA POPOLAZIONE A BASSI LIVELLI DI INQUINANTI**

Tesi di Laurea di:  
**Anita Zanetti**

Sessione di laurea Luglio 2026

Anno Accademico 2025-2026

Docente referente:

**Chiar.ma Prof.ssa  
Silvia Bianchelli**

Hosting institution: <sup>1</sup>

**UdG- Universidad de Girona**



# INTRODUZIONE

Le foreste di macroalghe marine, costituite da diverse specie appartenenti agli ordini **FUCALES** e **LAMINARIALES** rappresentano ecosistemi altamente produttivi e complessi, caratterizzati da un'elevata biodiversità e da un ruolo ecologico fondamentale nella strutturazione degli habitat costieri.



Negli ultimi decenni queste foreste hanno subito un progressivo declino a causa dell'**INQUINAMENTO** antropico e dei **CAMBIAMENTI CLIMATICI**

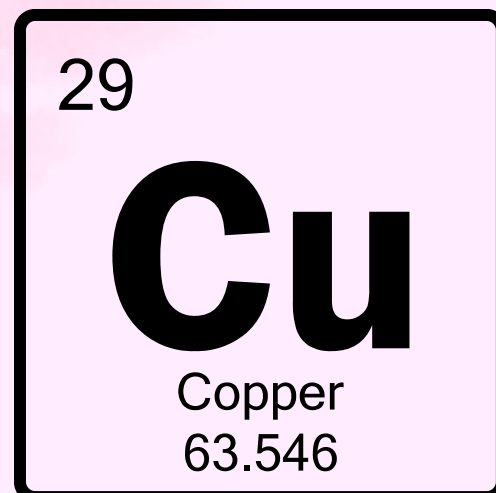


# LO SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo del lavoro è valutare l'effetto di **basse concentrazioni** degli inquinanti selezionati e valutarne la tossicità sia come singolo impatto sia come variabile collegata all'aumento della **temperatura** sulla specie ***Ericaria crinita*** (Molinari & Guiry 2020)

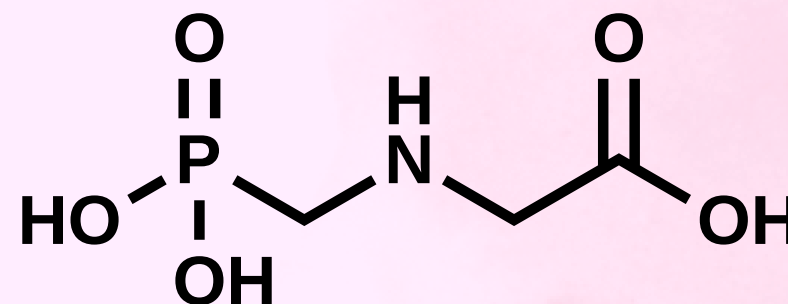
Sperimentale e Letteratura

**RAME**



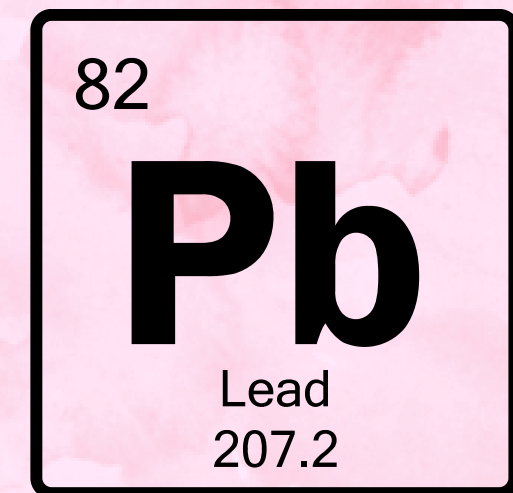
Sperimentale e Letteratura

**GLIFOSATO**



Letteratura

**PIOMBO**





# MATERIALI E METODI

*Ericaria crinita* è una specie di alga bruna appartenente alla famiglia **Sargassaceae**, un gruppo di **Fucales** ampiamente distribuito nelle acque temperate e subtropicali



Per lo studio riportato, i campioni di *Ericaria crinita* sono stati raccolti nel giugno 2018 e nel giugno 2025 da un'unica popolazione presente nel sito Natura 2000 di **Castell-Cap Roig**, a **Cala Estreta** (Spagna nordorientale).



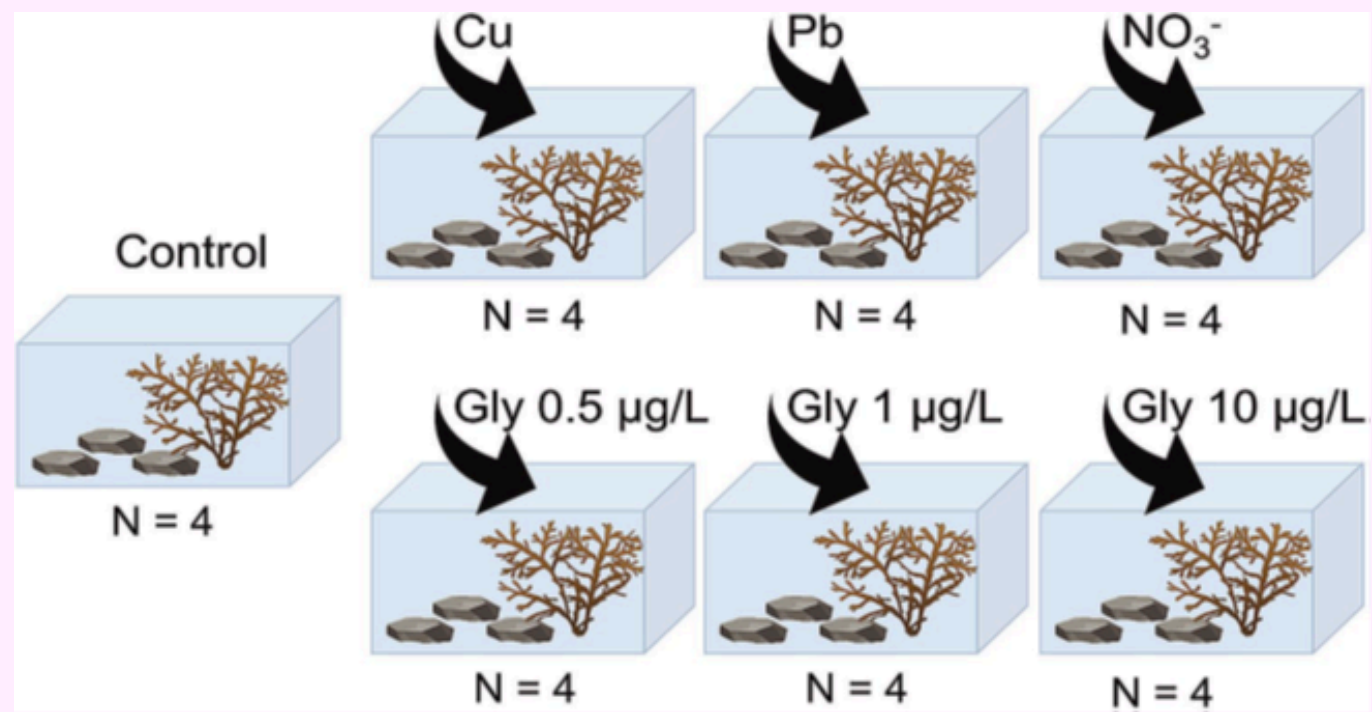


# Allestimento degli esperimenti

Per conseguire lo scopo del lavoro sono state allestite 2 tipologie di esperimento

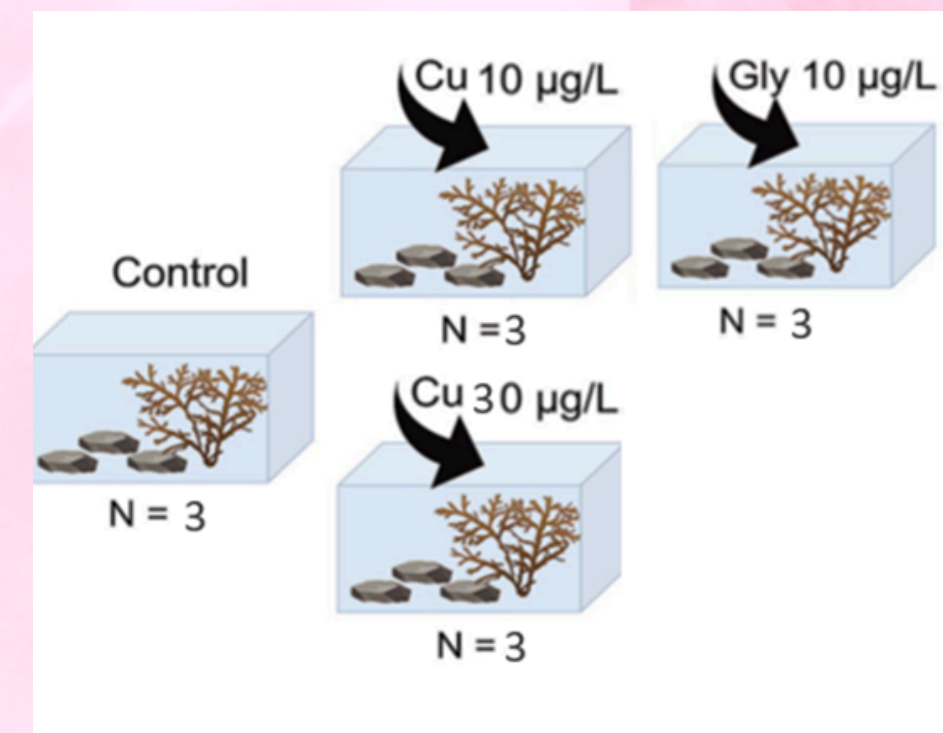
## IMPATTO DEI SINGOLI INQUINANTI

Le **rocce** collocate sul fondo degli acquari hanno fornito un supporto adeguato per l'**attacco degli zigoti** prodotti dagli adulti fertili, permettendo così la generazione di nuove popolazioni all'interno degli acquari



## IMPATTO CUMULATIVO DEGLI INQUINANTI E DELLA TEMPERATURA

Al posto delle rocce, in ciascun acquario sono stati collocati 4 **vetrini da laboratorio**, per un totale di 24 acquari.





# Metodi di misurazione

## MISURAZIONI AD UN'UNICA TEMPERATURA

Nei campioni **adulti**, sono stati monitorati **mensilmente**

- **Biomassa**
- **Altezza** totale
- **Resa quantica efficace** (Fv/Fm) del fotosistema II
- Livello di **fecondità**

Nei **giovani**, per evitare stress da manipolazione, sono stati misurati solo la **densità** media e **l'altezza** media ai mesi 3 e 6.

## MISURAZIONI A TEMPERATURE DIFFERENTI

Per ogni **vetrino** e per ogni trattamento, sono state calcolate:

- **Densità media** di giovanili (n/cm<sup>2</sup>)
- **Crescita** media settimanale, espressa come variazione dell'area occupata
- **Percentuale di sopravvivenza**

|    |    |
|----|----|
| A1 | B1 |
| A2 | B2 |
| A3 | B3 |
| A4 | B4 |
| A5 | B5 |
| A6 | B6 |
| A7 | B7 |



The image features a light pink background with soft, abstract watercolor-like textures in shades of pink and red. The word "RISULTATI" is centered in a bold, dark purple serif font.

# RISULTATI

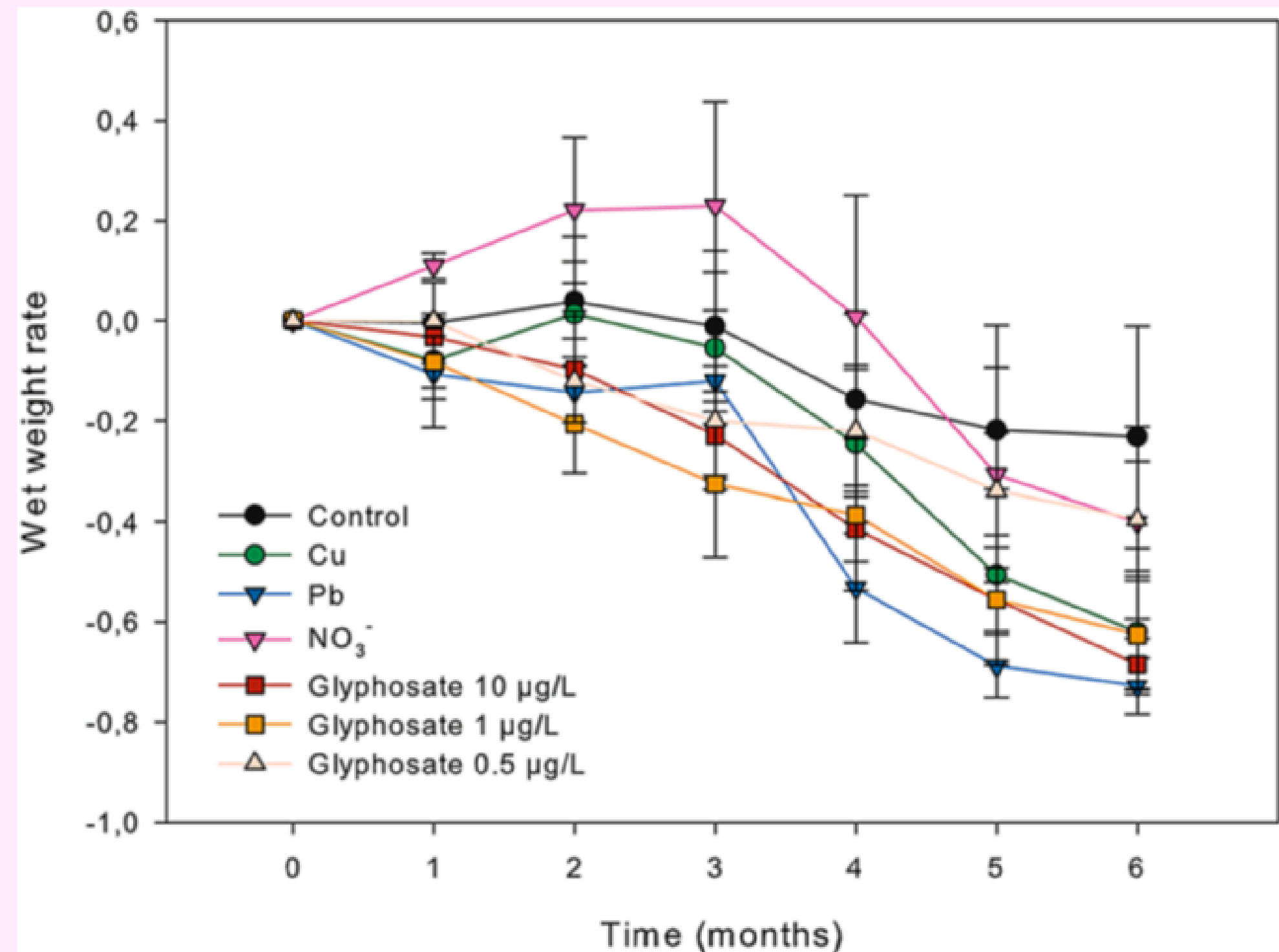


# Adulti a 18°C

## VARIAZIONE DEL PESO UMIDO

Nel complesso, non sono state riscontrate differenze significative tra i trattamenti; degno di nota è il comportamento dei soggetti sottoposti a **NITRATI** dove possiamo notare un incremento iniziale del peso seguito da una **brusca diminuzione** dopo il quarto mese.

Un prolungato accumulo di nutrienti può condurre a un successivo **stress fisiologico** e a una perdita di biomassa.



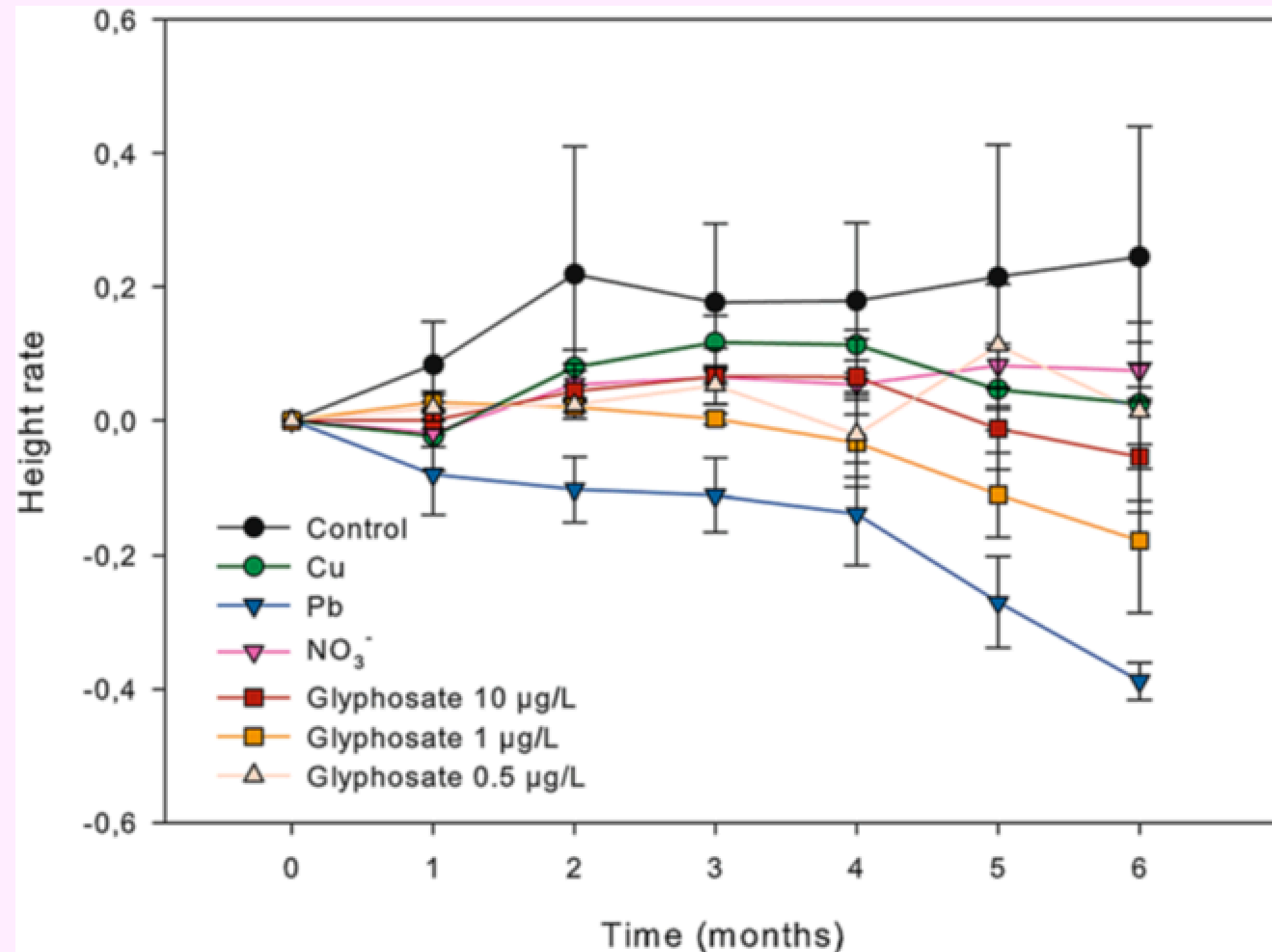


# Adulti a 18°C

## VARIAZIONE DI ALTEZZA

I valori si sono mantenuti pressoché costanti durante l'esperimento per tutti i trattamenti, ad eccezione di quello con **piombo** (Pb), dove gli esemplari hanno mostrato una **riduzione significativa** pari al 39% rispetto all'altezza iniziale dopo sei mesi .

Tale risultato indica un **effetto fitotossico** del piombo, che potrebbe interferire con la **crescita cellulare** e con i processi di **elongazione dei talli**.



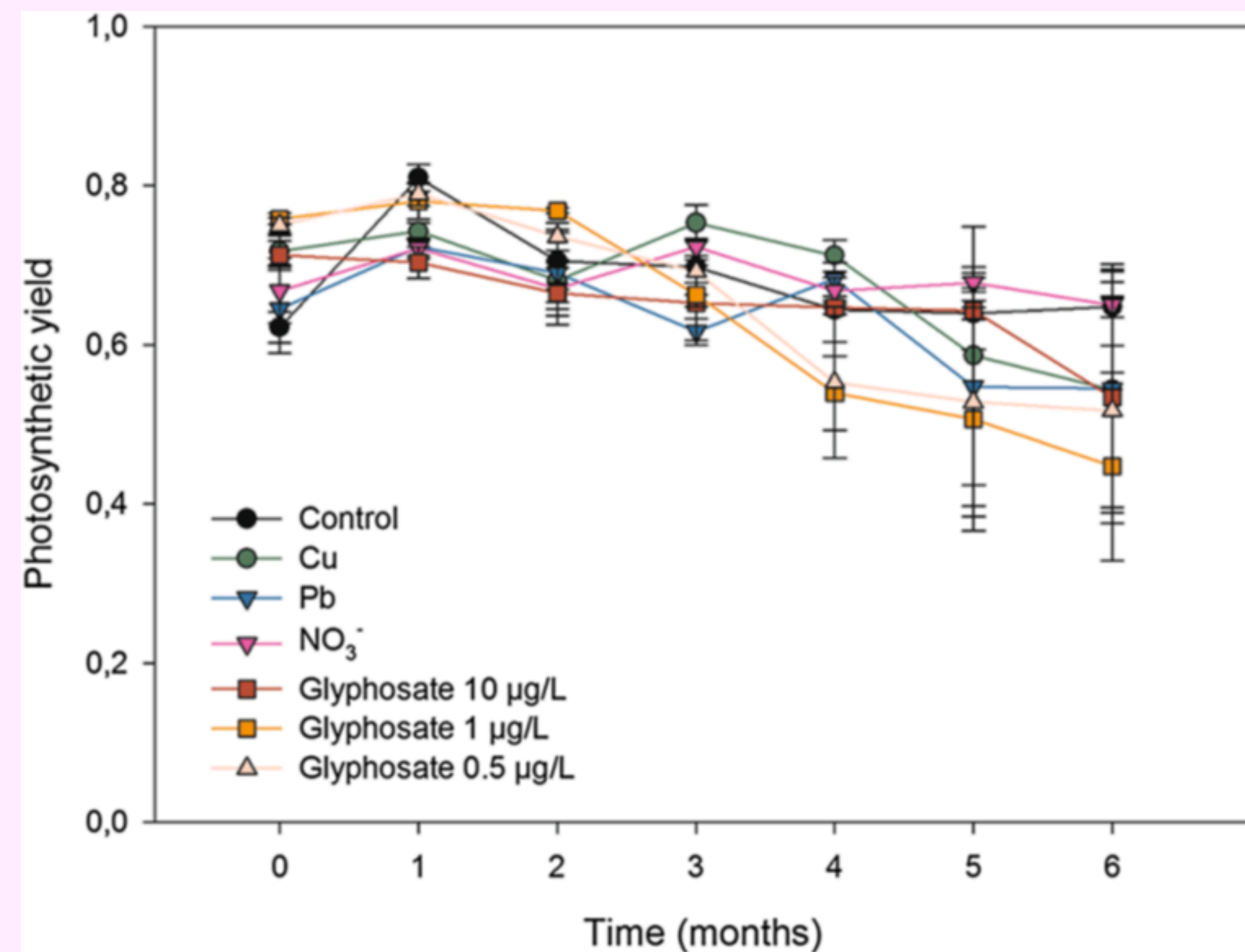


# Adulti a 18°C

## RESA QUANTICA EFFICACE

I valori medi di resa quantica efficace (Fv/Fm) non hanno mostrato differenze significative tra i trattamenti; i valori si sono mantenuti compresi tra circa 0,6 e 0,8, intervallo considerato ottimale per le alghe brune. Nonostante le differenze osservate nella crescita, la **funzionalità fotosintetica** complessiva non è stata compromessa dai trattamenti.

È possibile che *E. crinita* presenti meccanismi di **tolleranza fisiologica** in grado di mantenere l'efficienza del **fotosistema II** anche in condizioni di stress moderato.



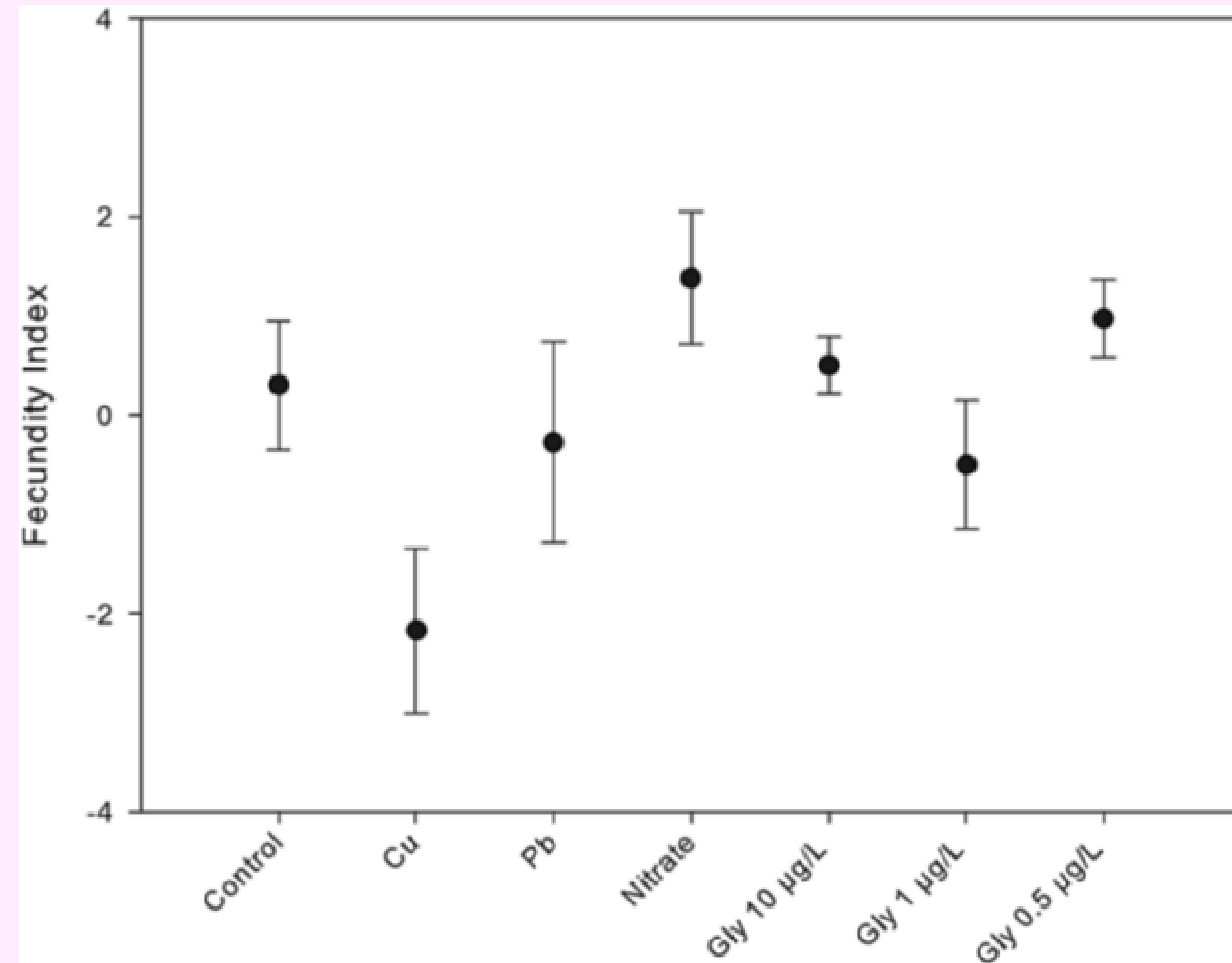


# Adulti a 18°C

## LIVELLO DI FECONDITA'

Gli individui sottoposti al trattamento con **rame** (Cu) sono risultati **COMPLETAMENTE STERILI**; l'effetto del rame sulla sterilità degli esemplari suggerisce un'alterazione dei **processi riproduttivi**.

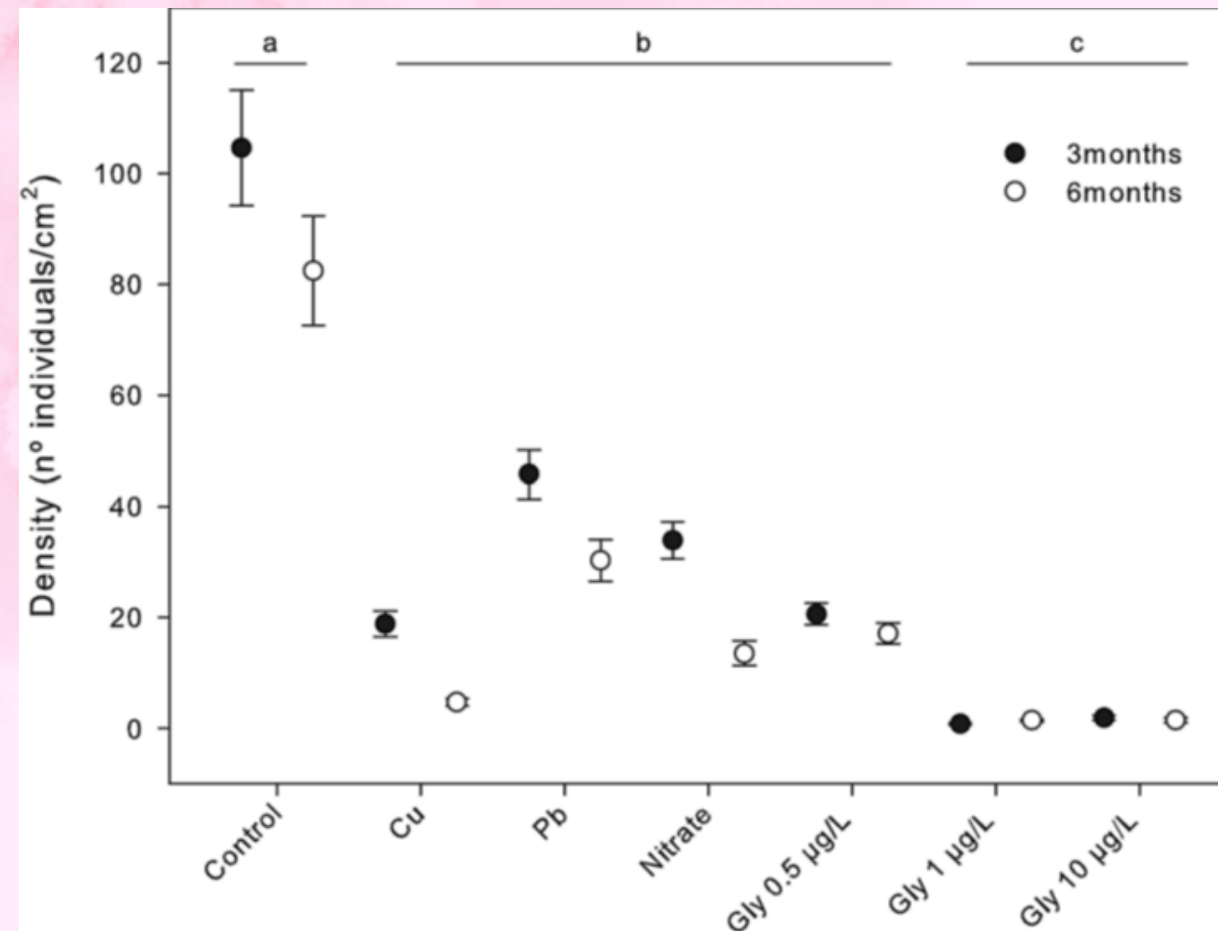
Questi risultati confermano la particolare sensibilità di *Ericaria spp.* ai contaminanti metallici e sottolineano il potenziale impatto negativo dell'inquinamento da **rame** sulla capacità riproduttiva e, di conseguenza, sulla **resilienza delle popolazioni naturali**.





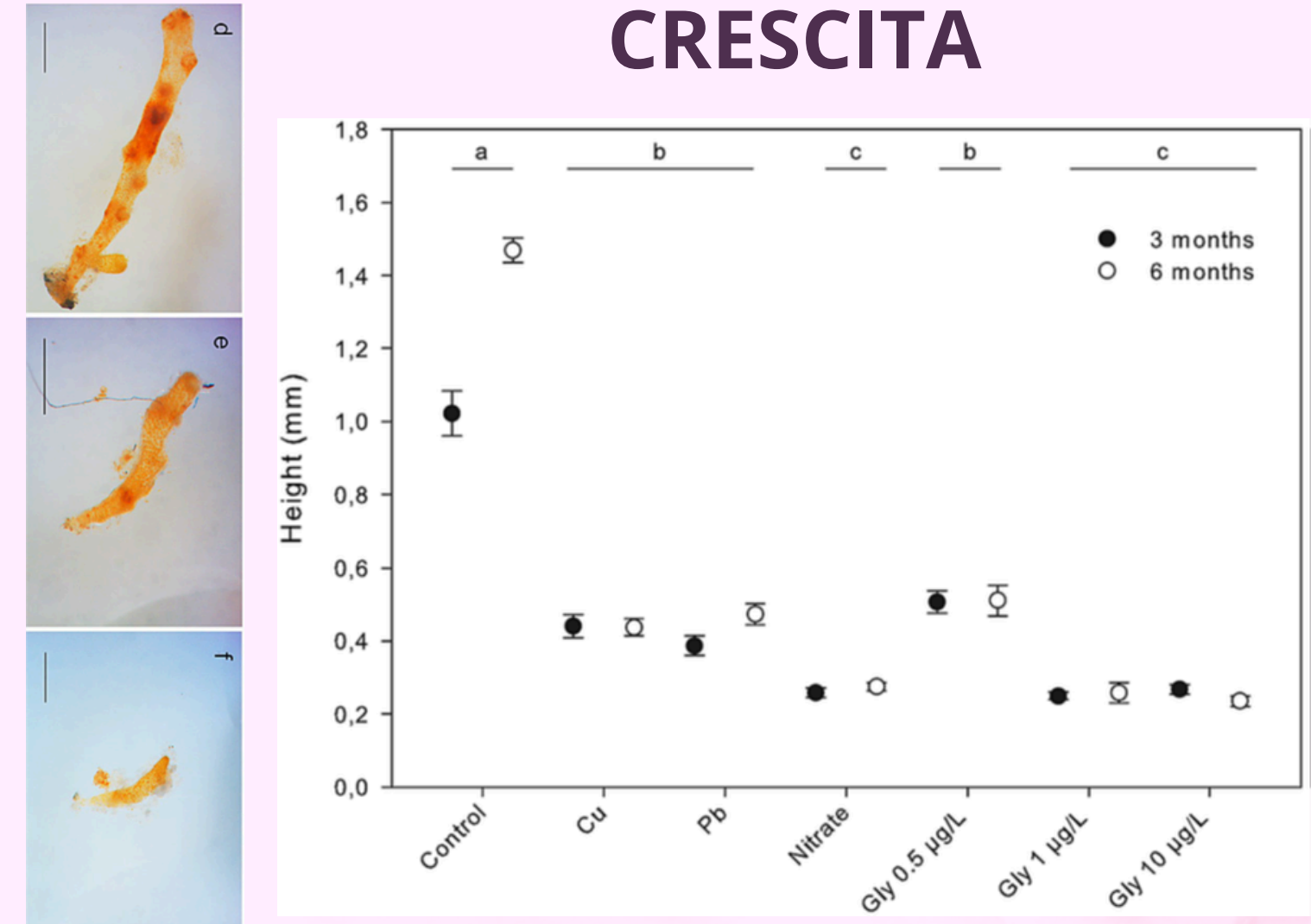
# Giovanili a 18°C

## DENSITA'



L'effetto **inibitorio** del glifosato alle concentrazioni di 1 e 10 µg/L suggerisce un'alterazione dei **processi precoci di sviluppo** o un aumento della **mortalità giovanile**.

## CRESCITA



I trattamenti con **Cu**, **Pb** e **glifosato 0,5 µg/L** sono risultati quattro volte più piccoli rispetto a quelli del controllo, mentre nei trattamenti con nitrato e **glifosato a 1 e 10 µg/L** le dimensioni erano otto volte inferiori.

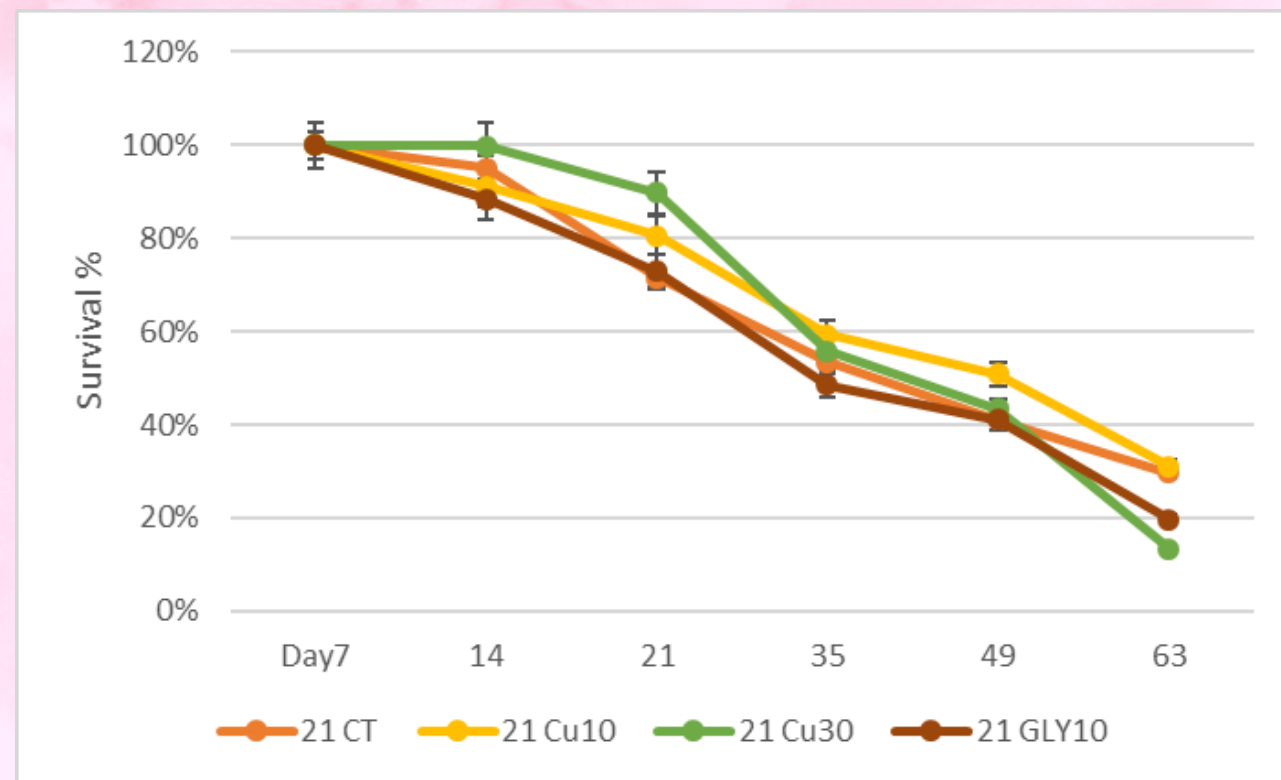


# **PARTE SPERIMENTALE**

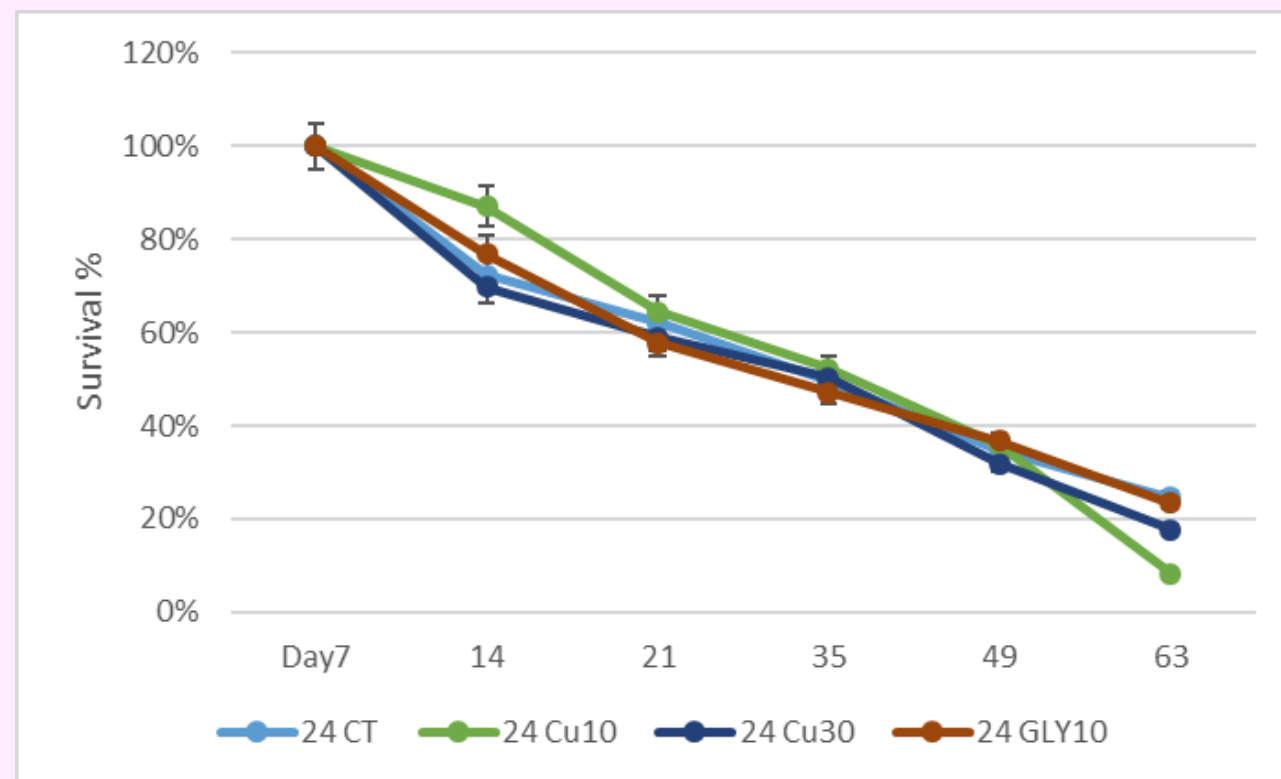


# SOPRAVVIVENZA PERCENTUALE

21°C



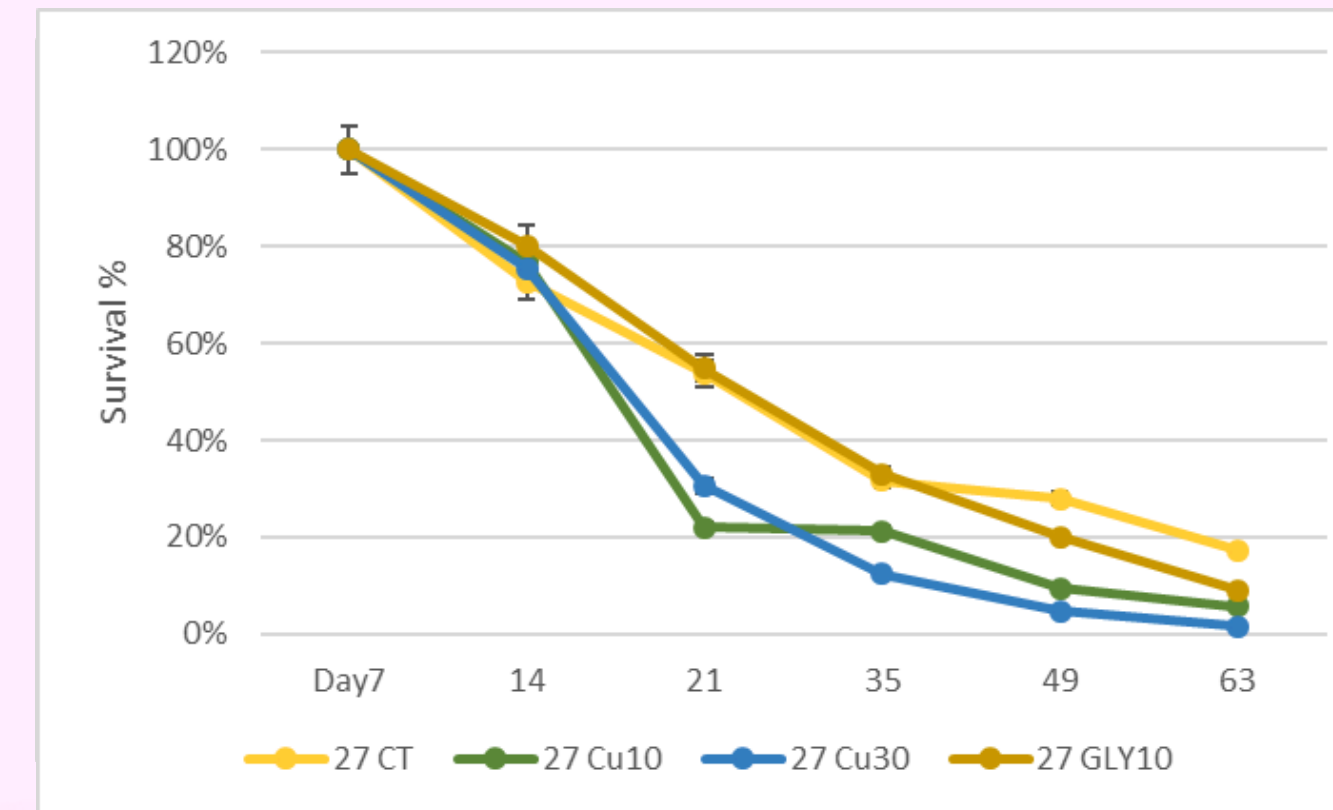
24°C



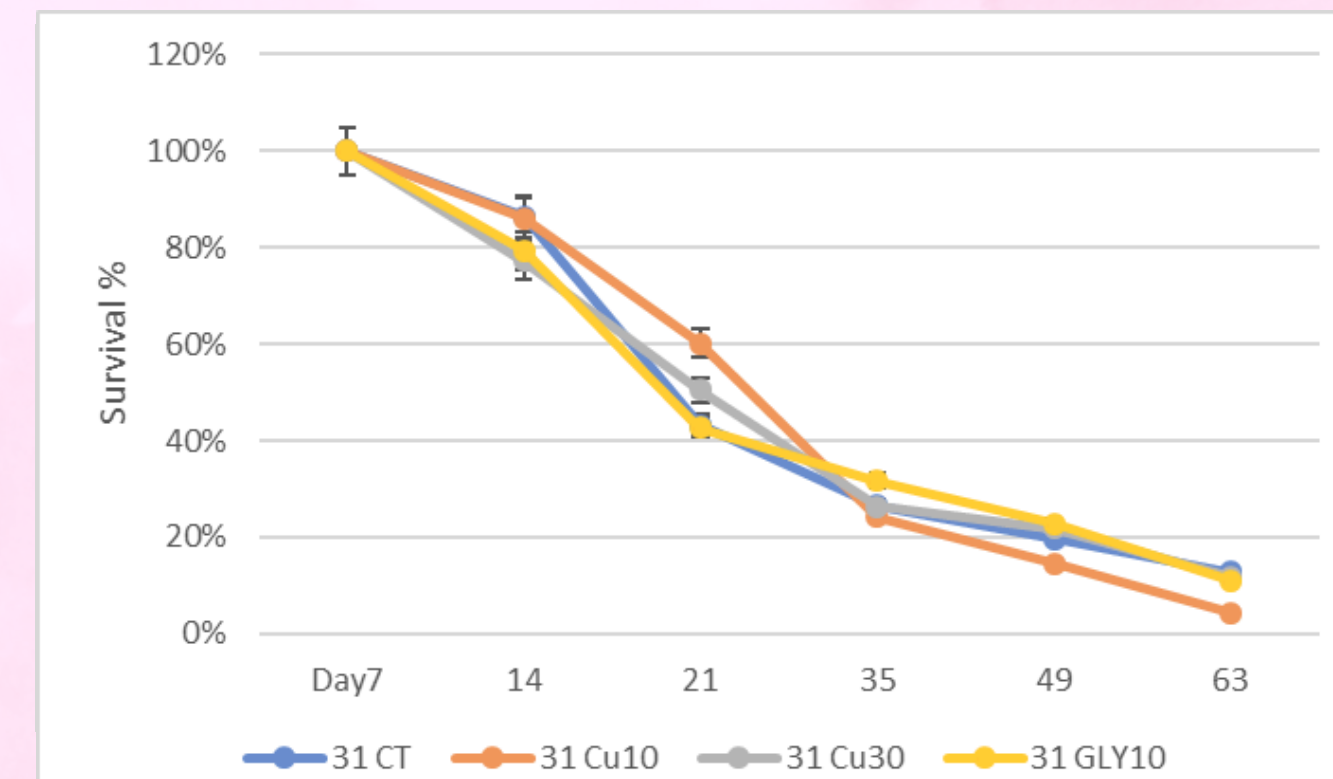
I dati evidenziano che l'aumento della **temperatura** riduce drasticamente la sopravvivenza, con un effetto particolarmente accentuato in presenza di **Rame** ad entrambe le concentrazioni.

Questo suggerisce un'**interazione sinergica** tra stress termico e contaminazione, che amplifica la vulnerabilità dell'organismo.

27°C

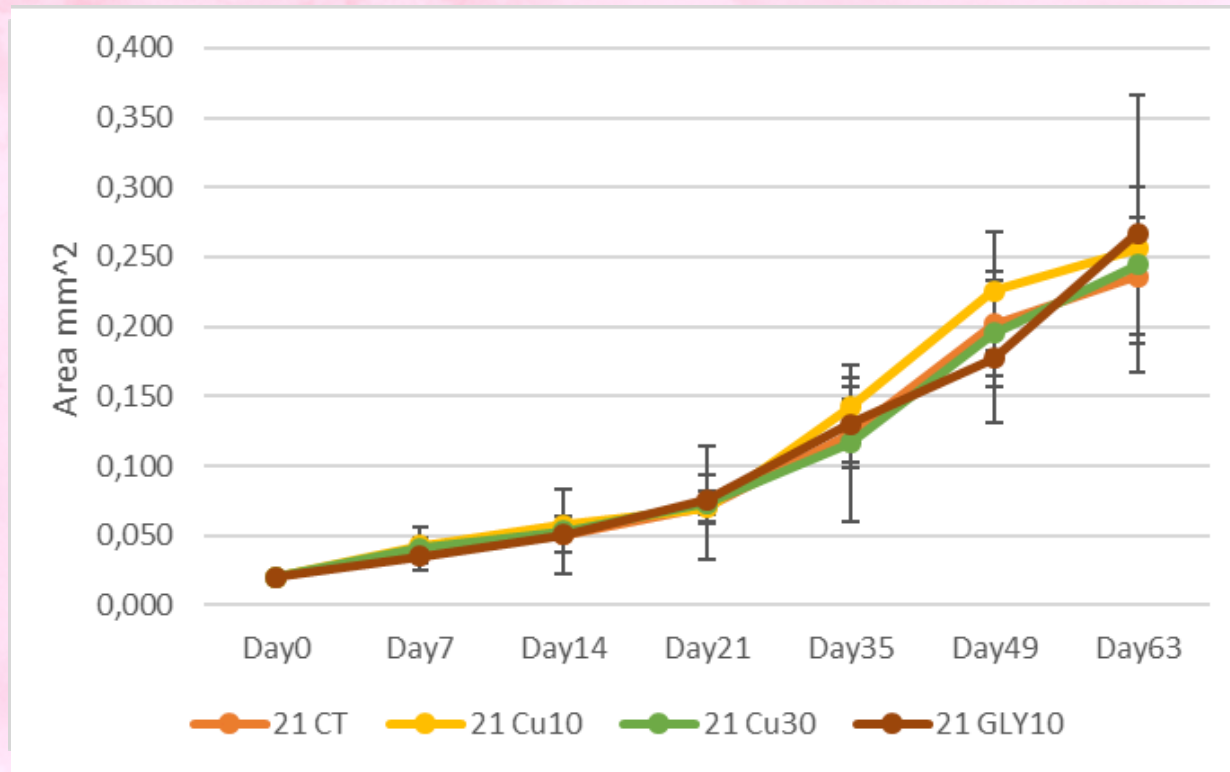


31°C

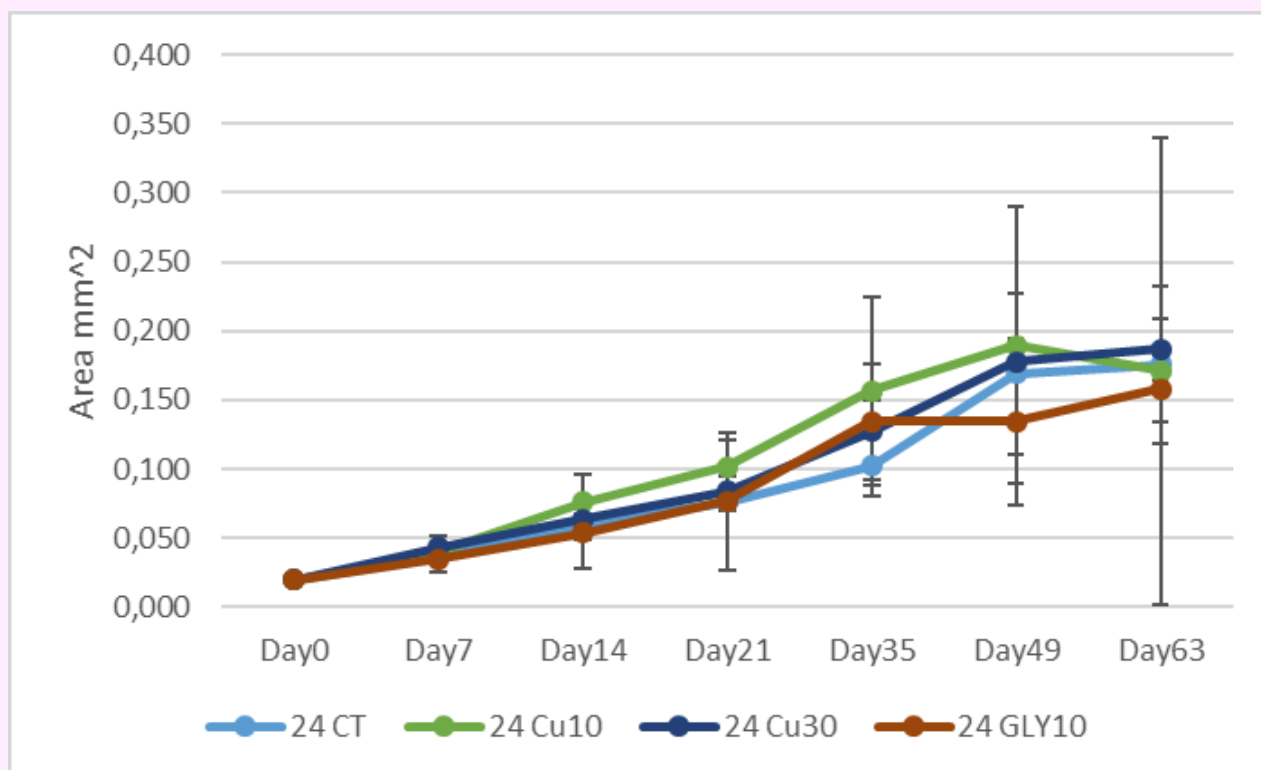


# CRESCITA

21°C



24°C

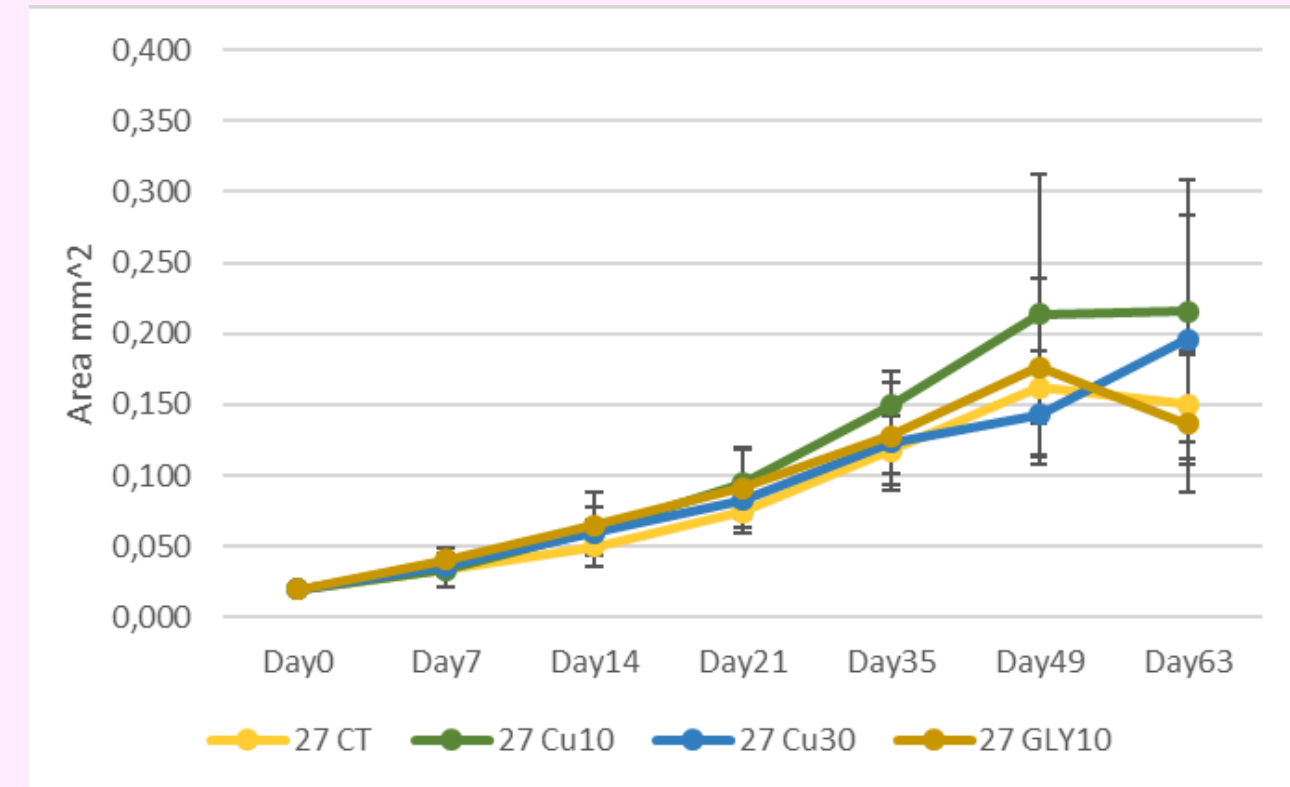


La **crescita** risulta massima a 21°C, moderata a 24-27°C e fortemente inibita a 31°C.

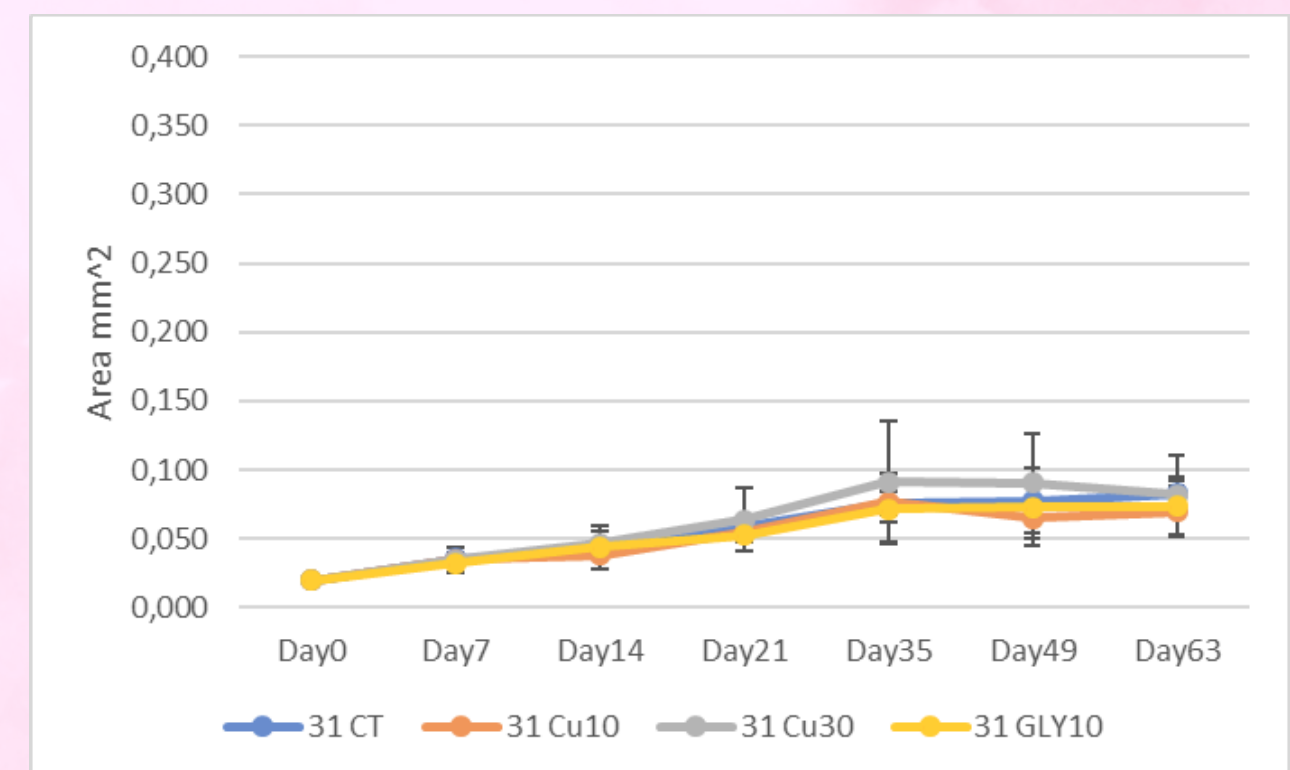
In questo caso il **glifosato** risulta il più impattante anche se la

sovrapposizione delle **DEVIAZIONI STANDARD** mostra come non vi sia una differenza significativa.

27°C



31°C





# DISCUSSIONE

I risultati ottenuti mostrano con chiarezza che la **temperatura** rappresenta il principale fattore di stress per l'organismo studiato, influenzando in modo determinante sia la sopravvivenza sia la crescita mentre i **contaminanti** amplificano ulteriormente questo quadro

- Il **rame** (Cu10 e Cu30) si conferma il fattore **più tossico** → potrebbe essere **LETALE**
- Il **glifosato** (GLY10) mostra un impatto **più moderato** → potrebbe essere **SUBLETALE**

La **combinazione** di temperature elevate e contaminazione potrebbe compromettere la **resilienza** delle popolazioni naturali, riducendone la capacità di sopravvivere e mantenere un **ruolo funzionale** negli ecosistemi.

# CONCLUSIONI

1

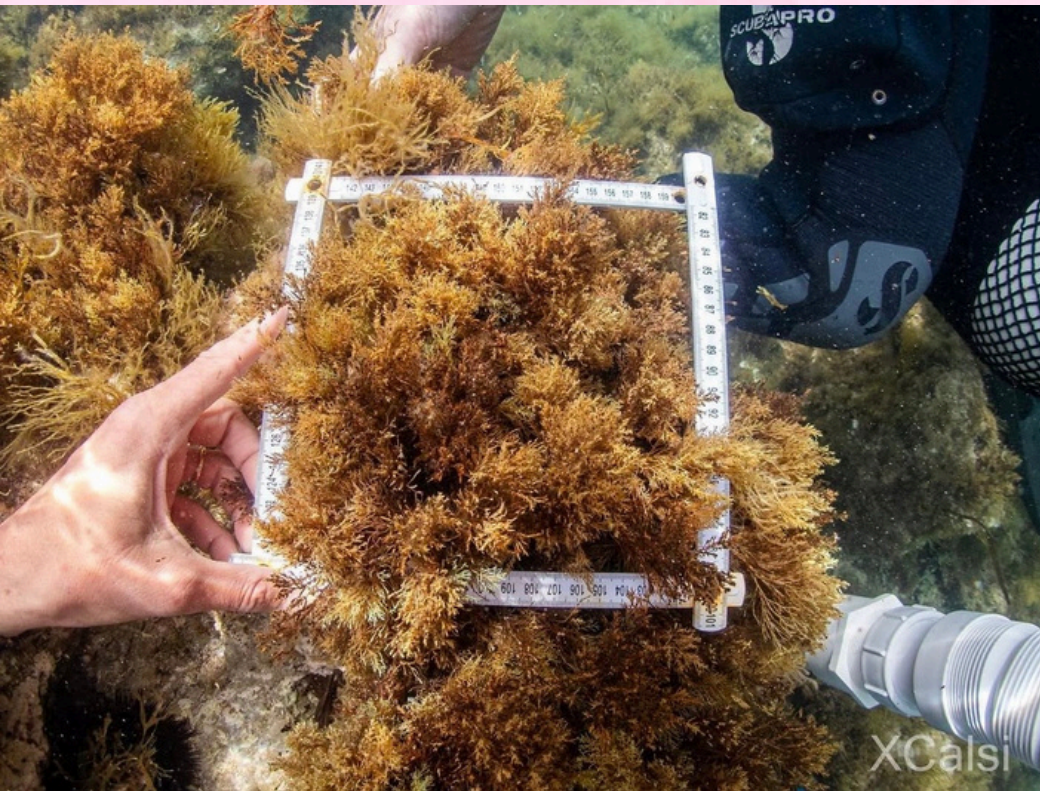
Concentrazioni moderate di inquinanti, mantenute per un periodo più o meno prolungato, possono generare effetti invisibili sugli individui **ADULTI** di ***Ericaria crinita***, ma compromettere seriamente la loro **vitalità** a medio e lungo termine, riducendo la **fertilità** degli adulti e la **sopravvivenza** dei **GIOVANILI**.

2

I livelli di inquinamento osservati non sono sufficienti a determinare un'estinzione rapida delle foreste macroalgali; tuttavia suggeriscono un effetto degli inquinanti sulla crescita dei nuovi individui, incidendo così sulla **stabilità** a lungo termine delle popolazioni.



# UNO SGUARDO AL FUTURO...



Questi risultati sottolineano l'importanza di considerare **interazioni multiple** tra stressori ambientali, piuttosto che analizzarli singolarmente, per comprendere appieno le dinamiche ecologiche e i rischi associati ai **cambiamenti globali**.

Le evidenze raccolte suggeriscono che le **strategie di gestione** e conservazione dovrebbero tenere conto non solo della qualità chimica dell'ambiente, ma anche delle **condizioni termiche**, sempre più critiche e frequenti negli scenari futuri.





# ABSTRACT

Le foreste marine di macroalghe sono ecosistemi iconici e altamente produttivi, oggi seriamente minacciati da diversi fattori come la distruzione dell'habitat, il sovrapascolamento, il riscaldamento degli oceani e l'inquinamento; l'effetto di livelli cronici ma bassi di inquinanti sulla sopravvivenza a lungo termine delle alghe che formano la chioma è poco conosciuto.

In questo studio:

- Si analizzano gli effetti di **basse concentrazioni** di **nitrati**, dei metalli pesanti **rame** (Cu) e **piombo** (Pb), e dell'erbicida **glifosato** sugli adulti e sui giovanili di *Ericaria crinita*, una macroalga mediterranea formante foreste.
- Si mostra che, sebbene biomassa, altezza e resa fotosintetica degli adulti rimangano quasi inalterate in tutti i test, bassi livelli di **Cu (30 µg/L)** sopprimono completamente la **fertilità** degli adulti inoltre, tutti i trattamenti hanno un forte impatto negativo sulla sopravvivenza e crescita dei giovanili; in particolare, concentrazioni di **glifosato** superiori a **1 µg/L** ne inibiscono quasi totalmente la sopravvivenza.

Questi risultati suggeriscono che la vitalità a lungo termine di ***E. crinita*** può essere gravemente compromessa da bassi livelli di inquinanti che non influenzano gli individui adulti in modo diretto ma la loro fisiologia e la capacità di riprodursi.



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**