Risultati del Progetto STOPP

Un approccio multidisciplinare al monitoraggio ambientale multi-scala attraverso bioindicatori vegetali

Risposta ecofisiologica di *Zea mays* L. allo stress indotto da metalli pesanti in condizioni controllate

***F. Manes**, F. Lanni, L. Varone, G. Falasca, Dip. Biologia Ambientale*

Sapienza Università di Roma

L. Fusaro - CNR - IBE

V. Cozzolino, A. Piccolo - Università Federico II

ASI, Roma, 22 maggio 2025

ZERO POLLUTION ACTION PLAN

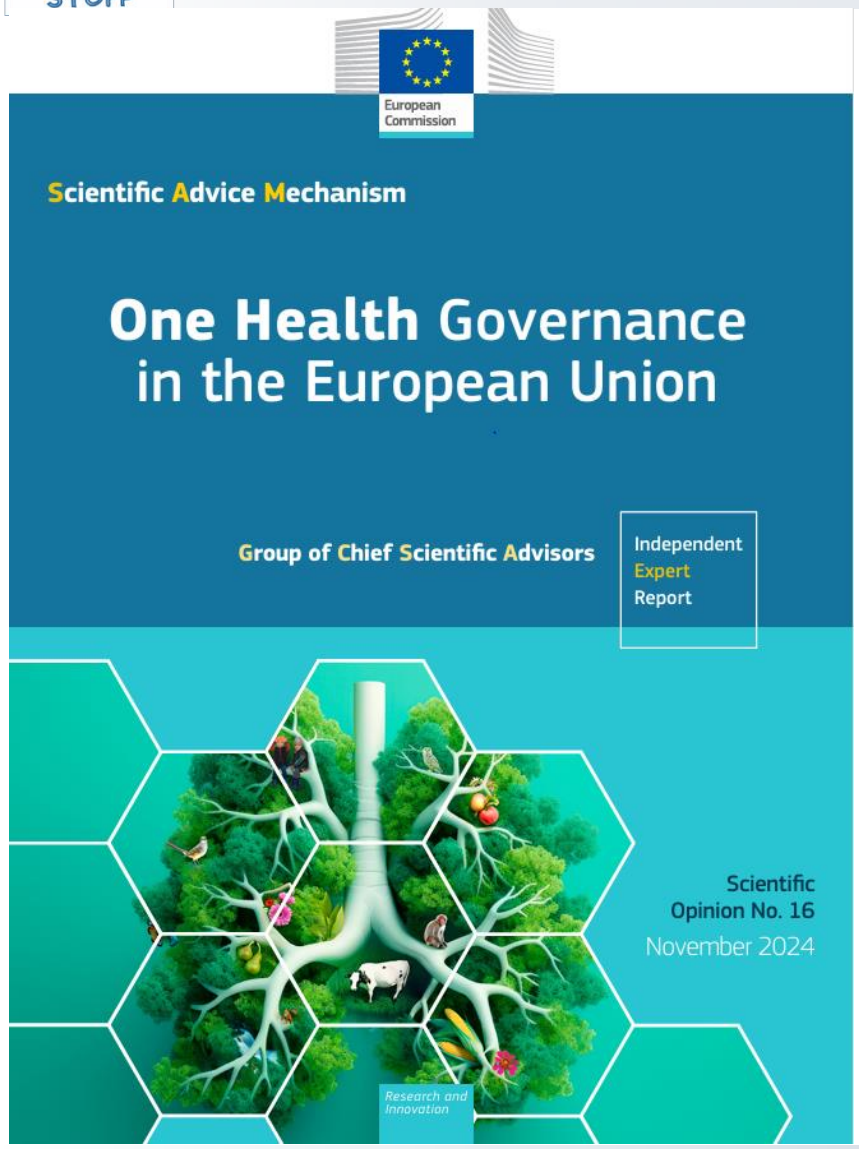
Il 12 maggio 2021, la Commissione europea ha adottato il Piano d'azione dell'UE "Verso un inquinamento zero per aria, acqua e suolo" .

La conferenza "Settimana Verde dell'UE 2025" si terrà a Bruxelles dal 3 al 5 giugno per discutere come la circolarità possa diventare una nuova realtà economica competitiva.

Obiettivi al 2030

- Ridurre del 55% il numero delle morti premature dovute all'inquinamento;
- **Proteggere le risorse idriche da inquinamento e garantire acque sicure per il consumo e l'uso agricolo**.
- **Migliorare la qualità del suolo riducendo le perdite di nutrienti e l'utilizzo di pesticidi e concimi chimici del 50%;**
- Ridurre del 25% gli ecosistemi nei quali l'inquinamento atmosferico minaccia la biodiversità;
- Ridurre del 30% la quantità di persone esposte cronicamente ad inquinamento acustico;
- Ridurre significativamente la produzione di rifiuti ed in particolare ridurre del 50% i rifiuti prodotti in ambito urbano;
- Ridurre l'uso di plastica e le perdite di microplastiche nell'ambiente, prevenendo l'inquinamento marino e le catene alimentari.

ONE HEALTH - PLANETARY HEALTH



Nella definizione operativa di *One Health* (OH) adottata da WHO (salute umana), FAO (agricoltura e cibo), WOAH (salute animale) UNEP (anbiente) (2021), si fa riferiemnto a:

- Un approccio integrato e unificante;
- La salute degli esseri umani, degli animali domestici e selvatici, delle piante, dell'ambiente e degli ecosistemi tra loro, è strettamente collegata e interdipendente;
- OH coinvolge molteplici settori, discipline e componenti della società;
- La Sicurezza alimentare è largamente OH (Libro bianco 2000): va tutelata dai CAMPI ALLA TAVOLA; dagli organismi viventi che producono alimenti a come i cibi vengono prodotti, preparati e consumati;
- Ai cambiamenti climatici, con le ricadute sui rischi da inquinamento e da malattie infettive;
- All'antibiotico-resistenza, con preoccupanti e talora sottovalutati serbatoi ambientali;
- Alla diffusione insidiosa e pervasiva di contaminanti persistenti, come i PFAS: *ambiente-filiere alimentari-noi*;
- Alterazione degli ecosistemi = inediti contatti esseri umani/animali = rischi epidemici emergenti. Le malattie trasmissibili dagli animali all'uomo (zoonosi) sono uno degli ambiti di applicazione principale della One Health.
- La componente ambientale diventa pilastro emergente della OH.

CAPITALE NATURALE E SERVIZI ECOSISTEMICI

Capitale Naturale

Termine mutuato dal settore economico, indica gli stock di risorse naturali (piante, animali, aria, acqua, suolo, minerali, ecc.) generate dai flussi di materia-energia negli ecosistemi (che si combinano per fornire benefici all'Uomo).

Classificazione dei Servizi Ecosistemici

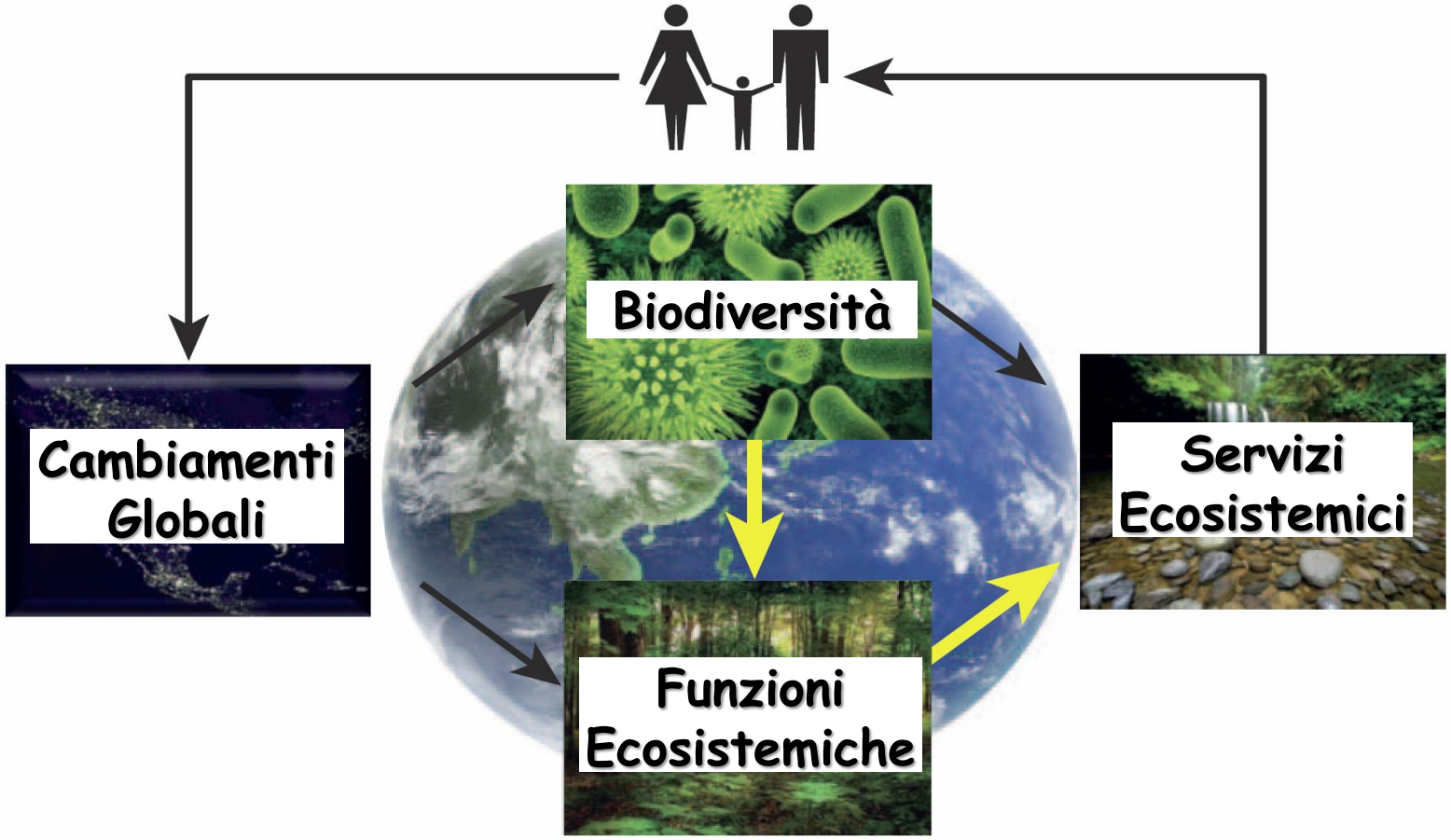
"Le condizioni e i processi attraverso i quali gli ecosistemi naturali, il verde urbano, e le specie che li compongono, sostengono e soddisfano la vita umana" (Daily, 1997)

"**I benefici che le persone ottengono dagli ecosistemi**" (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Approvvigionamento	**Regolazione e Mantenimento**	**Culturali**
Cibo Fibre Combustibili Risorse genetiche	Clima Acqua Nutrienti Impollinazione	Benefici estetici, spirituali, ricreativi

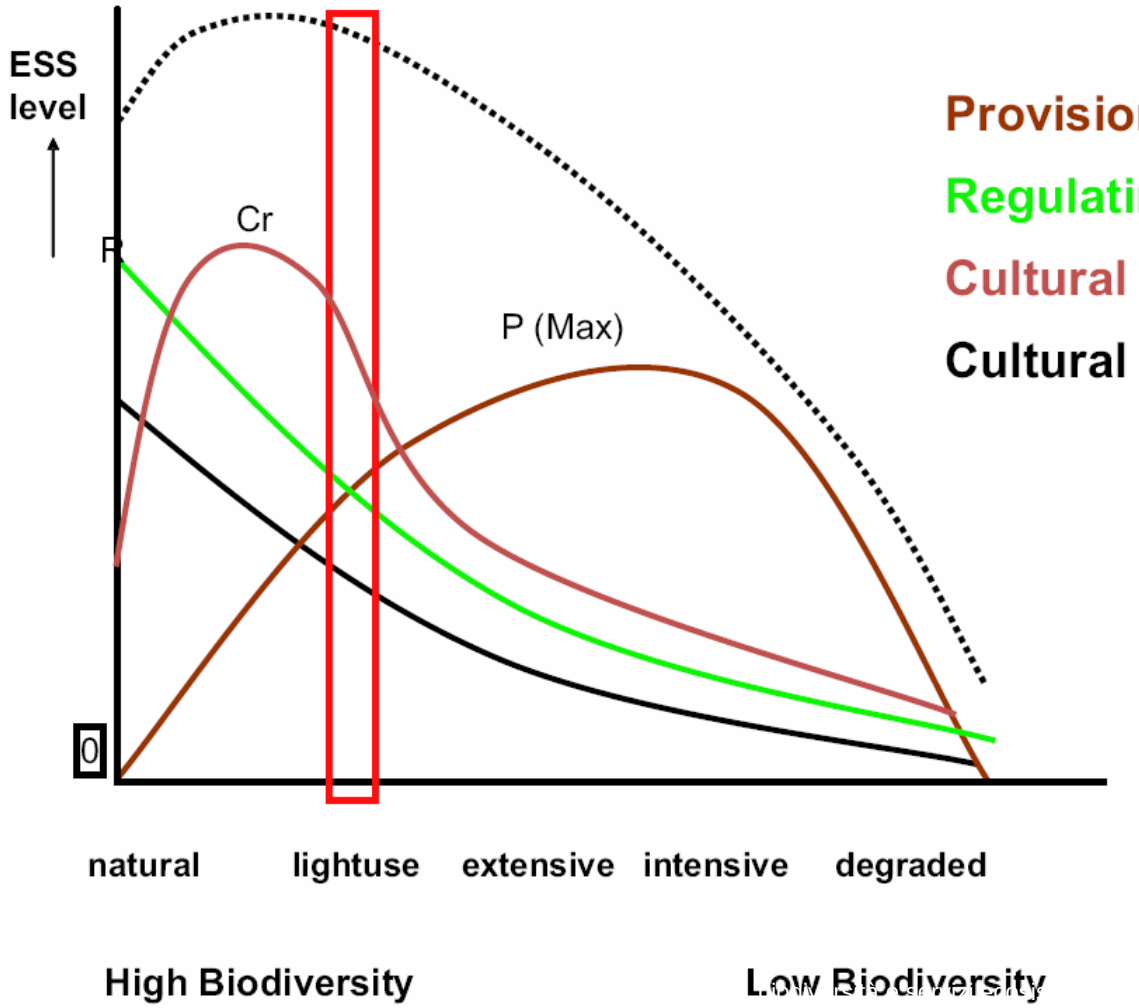
Rappresentazione schematica dei principali Servizi Ecosistemici, basata sul Millennium Ecosystem Assessment (Da Pataki et al., 2011) e sulla Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, 2024)

SERVIZI ECOSISTEMICI, BIODIVERSITA', SALUTE E BENESSERE UMANO



La biodiversità, ossia la varietà di geni, specie o tratti funzionali in un ecosistema, ha un impatto sul funzionamento dell'ecosistema stesso e sui Servizi che l'ecosistema offre all'umanità (Modificato da Cardinale et al., 2012).

BIODIVERSITÀ E SERVIZI ECOSISTEMICI



Provisioning services (P):

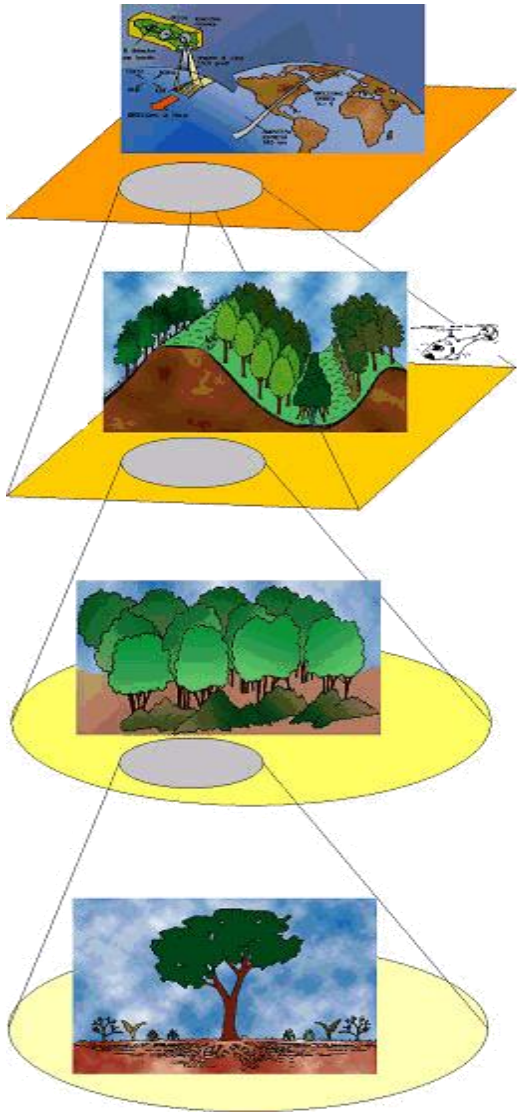
Regulating services (R):

Cultural – recreation services (Cr):

Cultural –Information services (Ci):

Multiple Services Per Land Use type

STUDI CONDOTTI A DIFFERENTE SCALA SPAZIO-TEMPORALE



Identificazione e rappresentazione cartografica delle tipologie di uso del suolo attraverso dati satellitari e analisi della risposta spettrale agli stress ambientali
(Landsat; Sentinel)

LIVELLO DI ECOSISTEMA

Elaborazione di indici telerilevati da satellite:

- **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index)
- **MSI** (Moisture Stress Iindex)
- **PRI (**Photochemical Reflectance Index**)**

LIVELLO DI COMUNITA'

Misure in campo di indice di area vegetale (LAI)

LIVELLO DI INDIVIDUO

Misure ecofisiologiche:

- Scambio gassoso fogliare
- Fluorescenza fogliare della clorofilla *a*
- Contenuto di pigmenti fotosintetici

CONDIZIONE MULTI-STRESS
LE PIANTE SONO PRIGIONIERE DEL LORO AMBIENTE!

VENTO

± LUCE

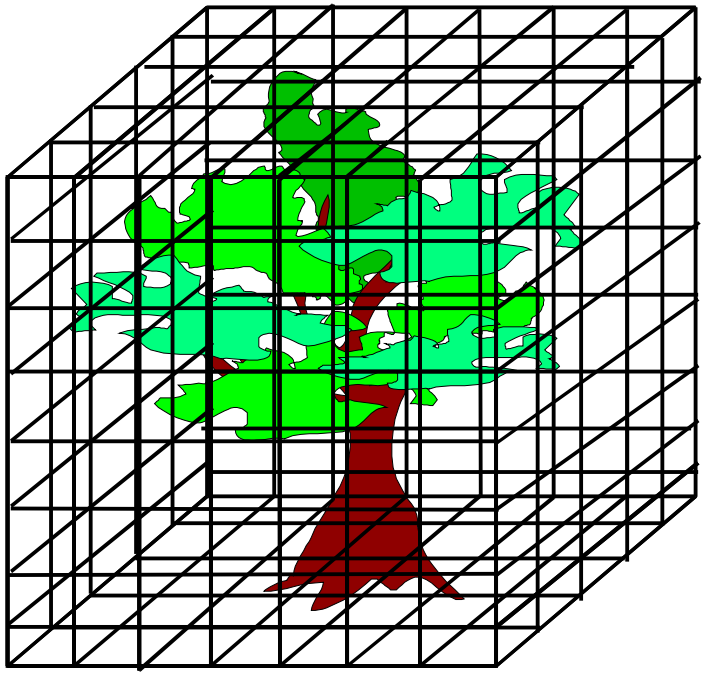
UMIDITA‘

Caldo
⇧
TEMPERATURA
⇩
Freddo

CO_2

UVB

OZONO



COMPETIZIONE

ALLELOPATIA

SUOLO

ACQUA

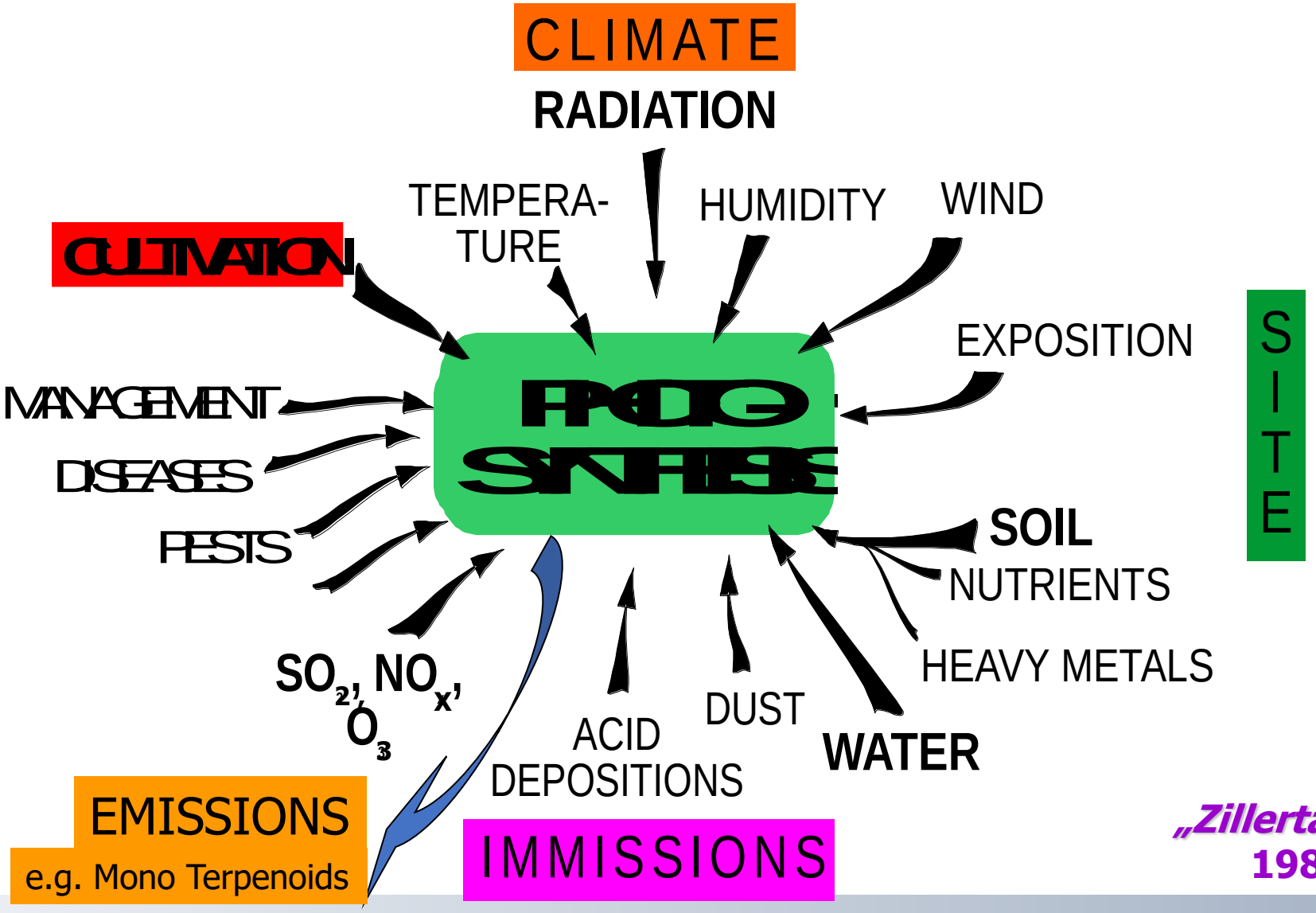
NUTRIENTI MINERALI,

FUNGHI

ANIMALI

Metalli pesanti

EFFETTI DEGLI STRESS AMBIENTALI SUL PROCESSO FOTOSINTETICO



„Zillertal" – Study
1986-1989

MATERIALI E METODI

Esperimento in camere walk-in - Dipartimento di Biologia Ambientale Sapienza

- **Trattamenti su piante di *Zea mays* (var. Limagrain)**

mg/kg di suolo	Controllo	*Cr*	*Pb*	*Zn*
Limiti di legge		150	100	150
Concentrazione x3		450	300	450
Concentrazione x5		750	500	750

Limiti stabiliti dalla Decreto Nazionale (*152/2006, Annex 5, Parte IV, Tabella 1, 2006).*

- **Misure dei tratti funzionali**

- Scambi gassosi (Ciras 3, PP-System)
- Fluorescenza diretta (Handy Pea, Hansatec)
- Curve A/Ci (funzionalità enzimatica)
- SPAD (contenuto relativo di clorofilla)
- Riflettanza fogliare (Fieldspec)
- Misure strutturali (danno fogliare; biomassa)

- **Condizioni ambientali controllate**: PAR 600 µmol m^{-2} s^{-1};

14 h di luce; T media giornaliera 25.0 ± 2 °C; RH: 60 ± 5%.

- **Analisi morfo-istologiche dell'apparato radicale**

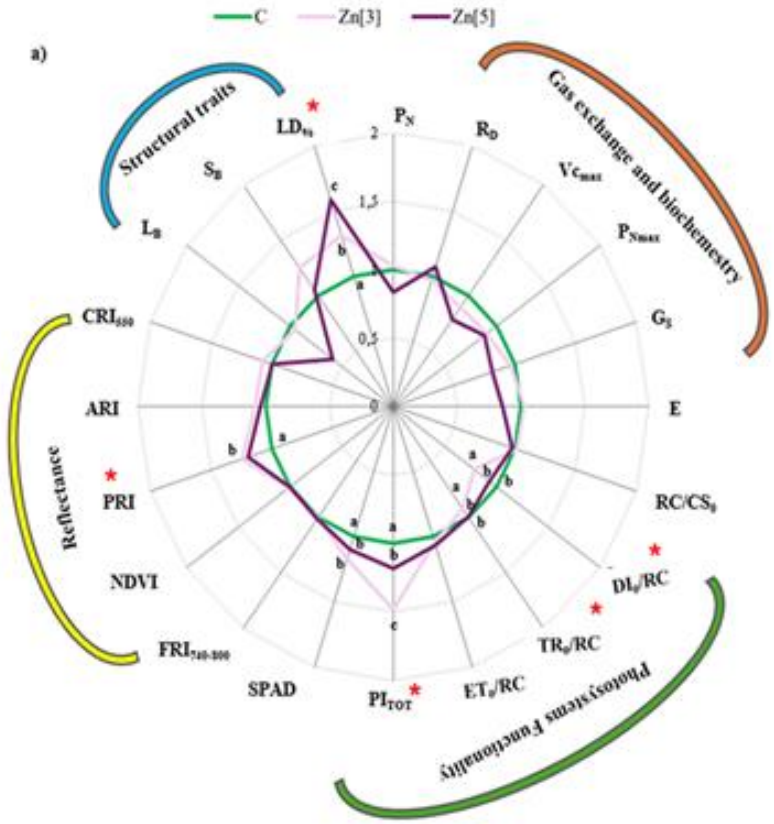
- Localizzazione dei metalli tramite microscopio a fluorescenza mediante uso di fluorocromi

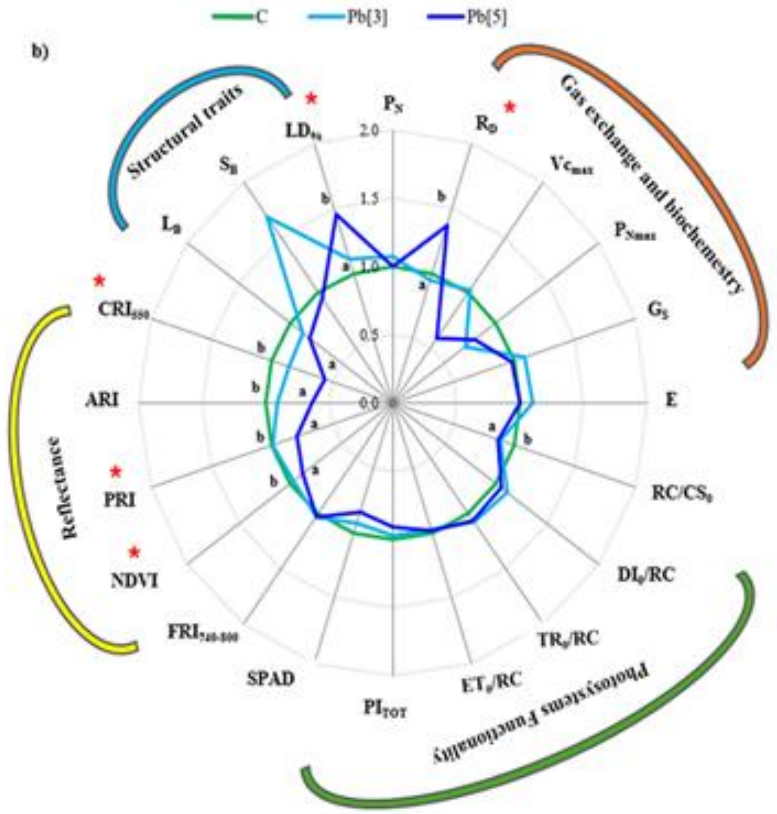
Risultati: concentrazione dei metalli pesanti in differenti organi della pianta

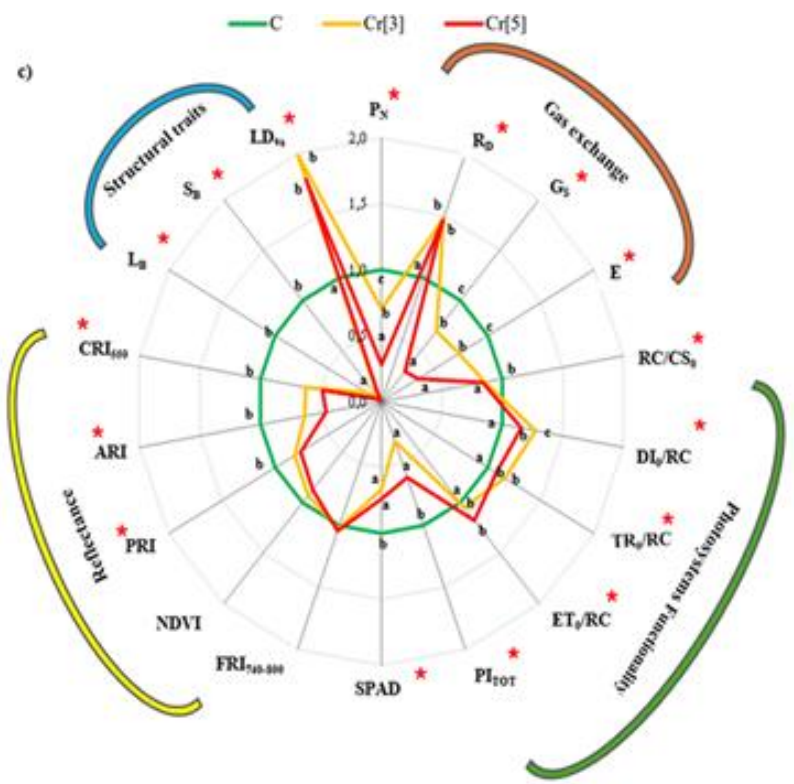
	C		[3]		[5]	
	Foglia	Fusto	Foglia	Fusto	Foglia	Fusto
Zn	12,98 ± 2,65 a	17,48 ± 2,77 A	45,8 ± 3,22* b	112,72 ± 49,05 B	72,0 ± 18,75* b	224 ± 69,8 C
Pb	0,335 ± 0,11 a	0,242 ± 0,14 A	9,27 ±2,73* b	2.33 ± 1,02 B	16,90 ± 3.91* c	8.35 ± 1,02 C
Cr	0,751 ± 0,19 a	0,30 ± 0,11 A	11,35 ± 1,46 b	10,95 ± 0,75 B	12,452 ± 0,75* b	18,27 ± 0,25 C

Concentrazione dei metalli pesanti (mg/kg) in differenti comparti (Foglie e Fusto) delle piante di controllo (C) e in quelle trattate con 3 e 5 volte la concentrazione di legge.

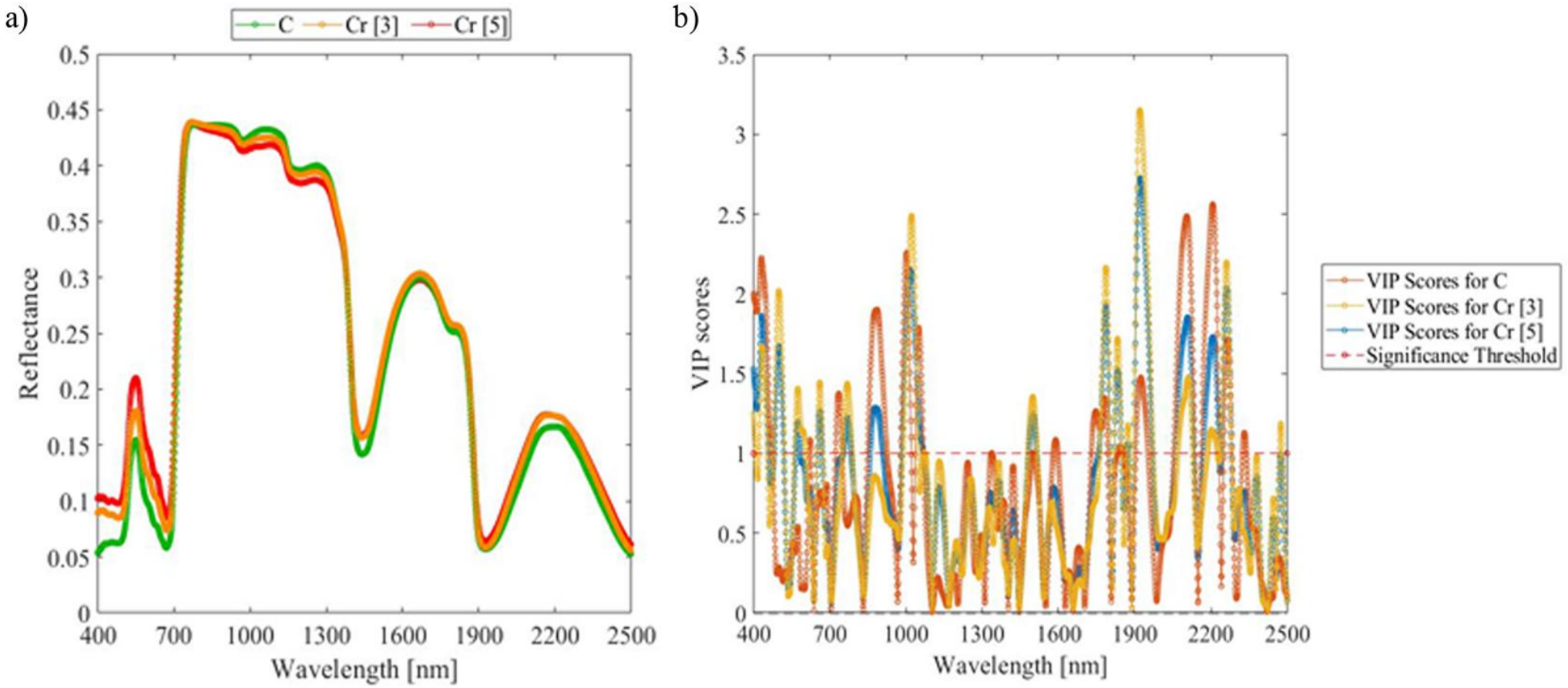
Risultati: Variazione dei tratti funzionali analizzati



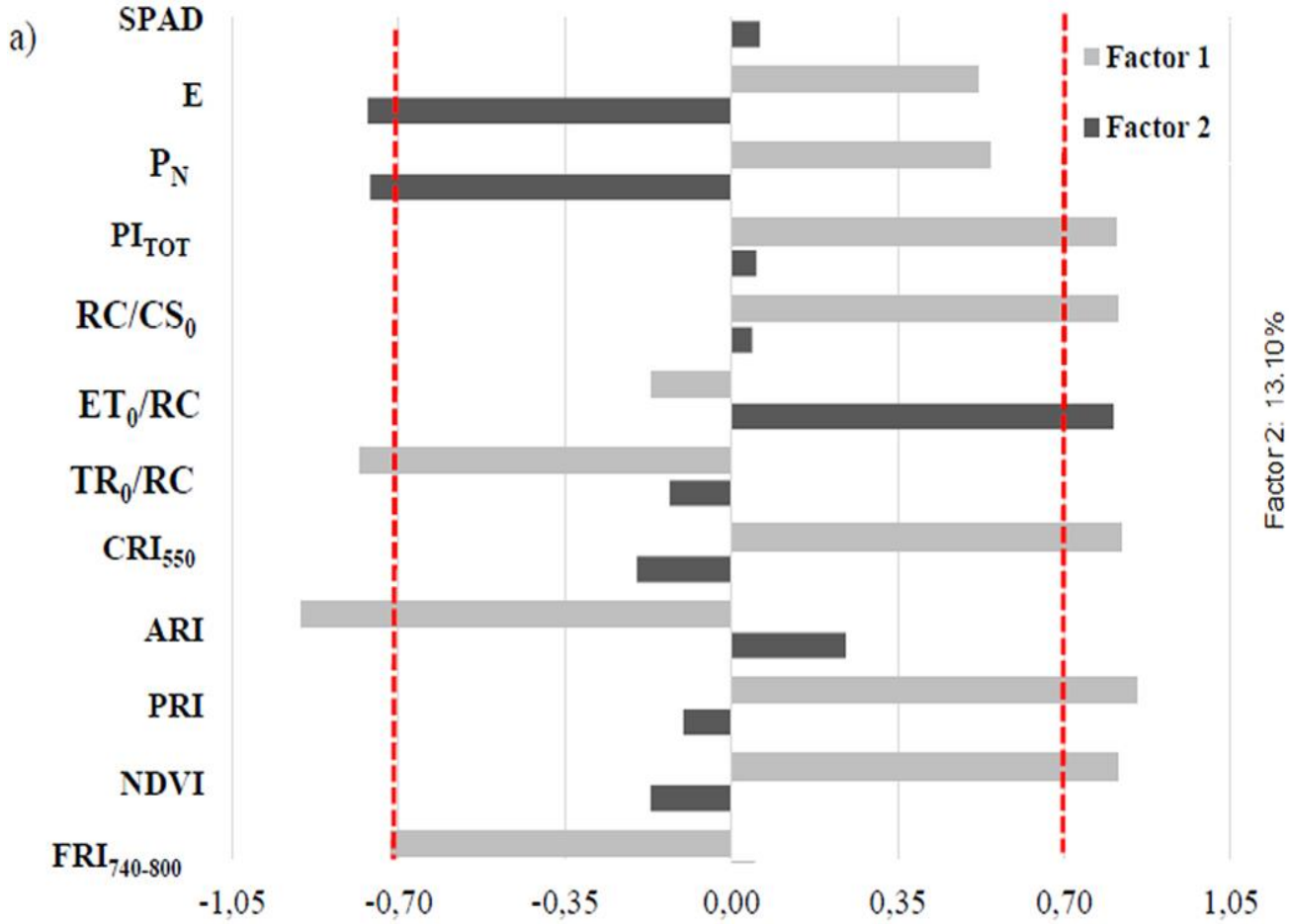


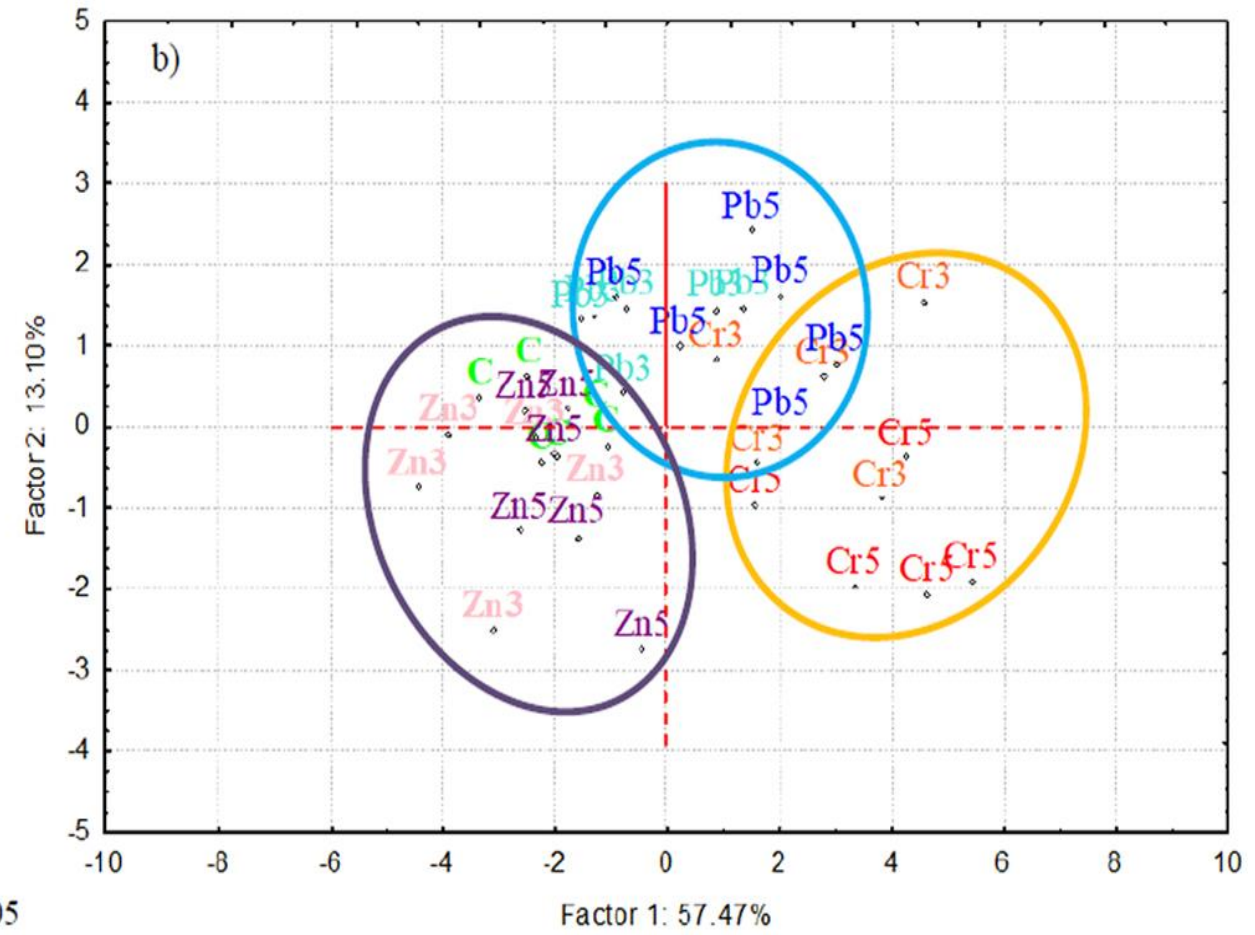


Risultati: riflettanza a livello fogliare

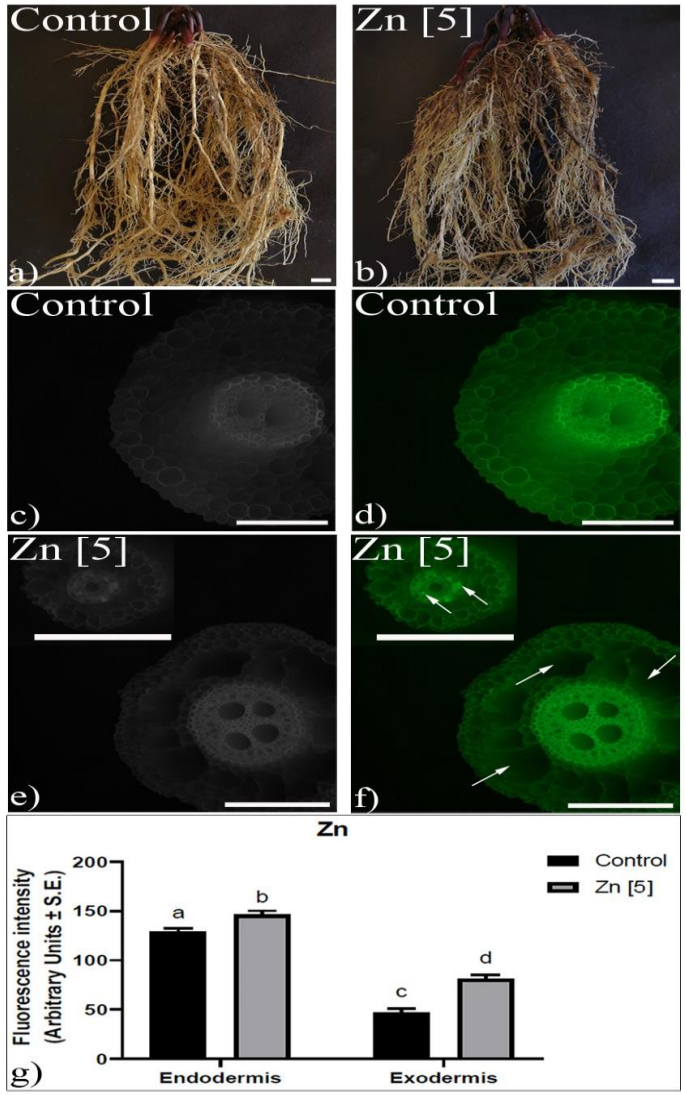


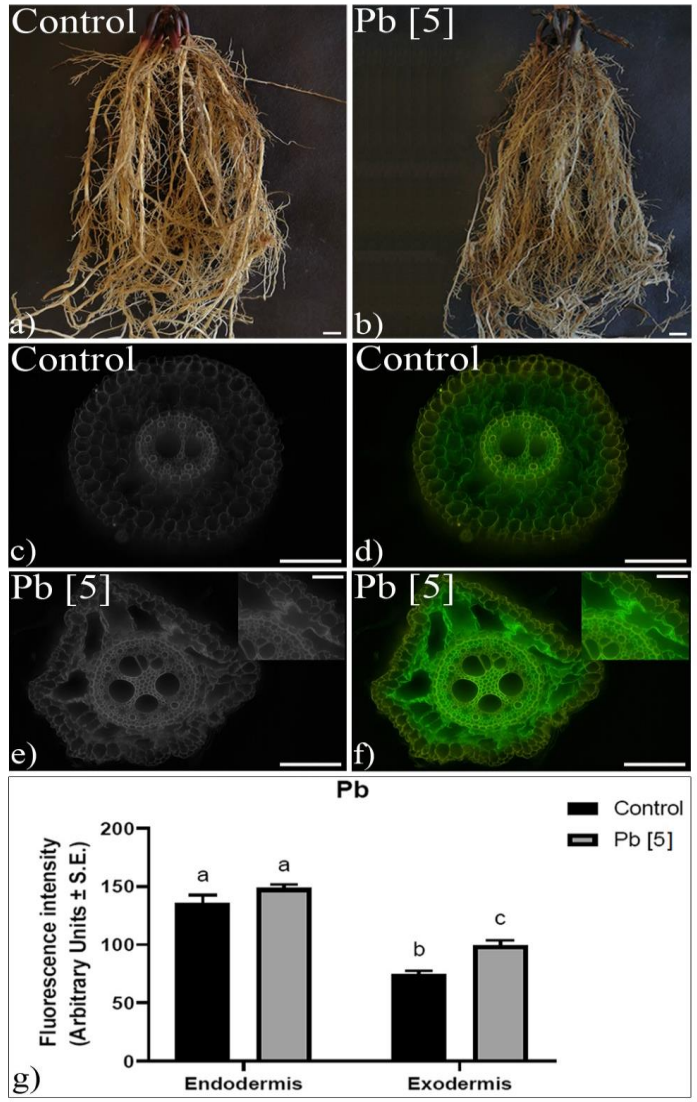
Risultati: partizione della varianza (PCA)

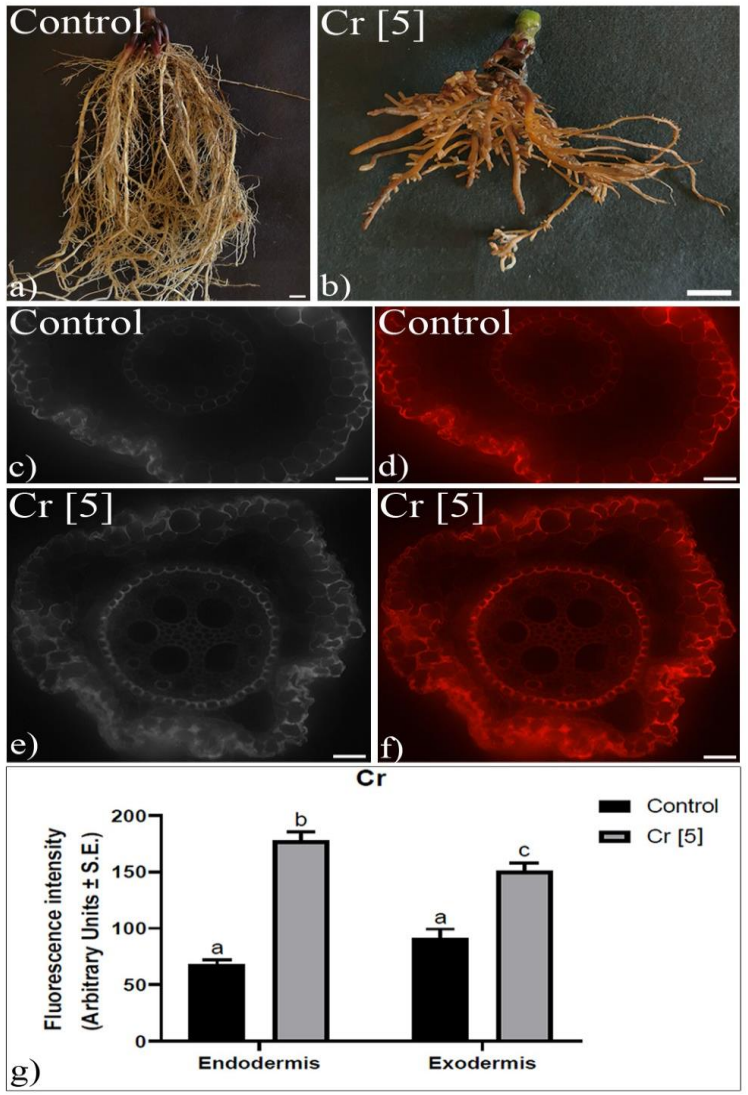




Risultati: risposte morfo-funzionali della radice ai trattamenti

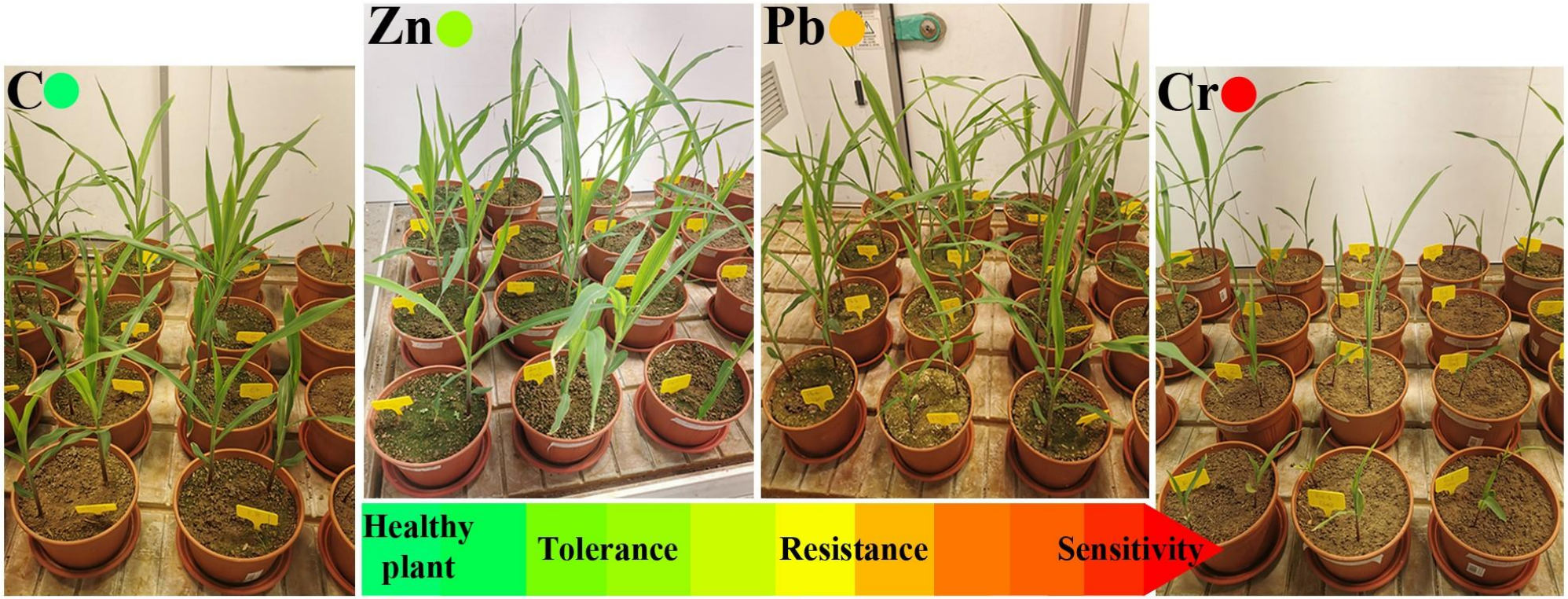






CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Response strategies of *Zea mays* to Heavy Metals stress



- **Control - healthy plants**
- **Tolerant - adaptive physiological adjustments**
- **Resistant - structural and functional adjustments for toxicity mitigation**
- **Sensitive - significant reductions in growth and root impairments**

Risultati del Progetto STOPP

Un approccio multidisciplinare al monitoraggio ambientale multi-scala attraverso bioindicatori vegetali

GRAZIE PER L' ATTENZIONE

UNITA' OPERATIVA DEL DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE
SAPIENZA UNIVERSITA' DI ROMA e del CNR - IBE

F. Manes, F. Lanni, L. Varone, G. Falasca – UNI. Sapienza

L. Fusaro - CNR - IBE

V. Cozzolino, A. Piccolo - Univ. Federico II

ASI, Roma, 22 maggio 2025