

Le Terre rare, i sedimenti e la città di Taranto...ultime notizie...

F. Tommasi, M.A. Zicari, A. Paradiso, N. Dipierro, L. Pozzessere, L. d'Aquino, M. Trifuoggi, R. Oral, G. Pagano

Riassunto - Il presente lavoro riporta dati preliminari sulla potenziale tossicità di polveri o strati superficiali di suolo in organismi modello. Piante di *Lemna minor*, specie utilizzata per studi di biomonitoraggio, sono state fatte crescere in sospensioni acquose di campioni di suolo e polveri di cui è nota la concentrazione di terre rare (REE) e metalli, provenienti da varie zone del territorio di Taranto, al fine di valutarne gli effetti sulla crescita e sul contenuto di pigmenti fotosintetici. I trattamenti a diverse concentrazioni non inducono significative alterazioni della struttura e della crescita in questa specie, a differenza di quanto invece accade in altri organismi modello come il riccio di mare e i nematodi. In questi, infatti, sono state descritte alterazioni delle larve e dello sperma a seguito di trattamenti con gli stessi campioni di polveri e suolo. Le prove hanno evidenziato che i campioni di polveri e strati superficiali di suolo in cui sono presenti metalli inducono risposte diverse a seconda degli organismi ai quali vengono somministrati. I dati suggeriscono la necessità di condurre un periodico monitoraggio delle concentrazioni di questi elementi nell'ambiente e di eseguire periodicamente test di tossicità su vari tipi di organismi.

Parole chiave: *Lemna minor*, metalli, pigmenti fotosintetici, polveri, prove di crescita

Introduzione

Sin dai primi anni '60, la città di Taranto è diventata uno dei siti industriali più grandi e complessi d'Europa, caratterizzato dalla presenza di diversi tipi di impianti industriali, fra i quali un'acciaieria fra le più grandi d'Europa e una raffineria, nonché dalla presenza di basi militari. Molti dati sono disponibili sulla qualità dell'aria e delle acque tarantine (Cardellicchio et al. 2010, Petronio et al. 2012), mentre lavori hanno riguardato gli effetti tossici indotti da polveri e strati superficiali di terreno in organismi viventi modello, quali riccio di mare e nematodi (Trifuoggi et al. 2019). La presenza di metalli, quali Al, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Ti e Zn, è già stata riportata in campioni di sedimenti superficiali raccolti nel Golfo di Taranto (Buccolieri et al. 2006), mentre scarsi sono ancora i dati relativi alla presenza di elementi appartenenti alle terre rare (Rare Earth Elements, REE), nonostante l'accumulo nell'ambiente di Ce, che è uno dei più comuni REE, in relazione ad attività siderurgiche, sia stata segnalata in varie parti del mondo (Chen 2005). Le REE sono presenti in natura in rocce e suoli e da alcuni decenni vengono largamente utilizzati in numerose applicazioni tecnologiche ed anche, in Estremo Oriente, per applicazioni agronomiche e zootecniche. Le REE non sono state finora considerate inquinanti come i metalli pesanti, ma la loro presenza nell'ambiente è in continuo aumento, suscitando pertanto anche timori crescenti per eventuali effetti tossici per la salute dell'uomo (Zicari et al. 2018). Dati recenti indicano che esse sono presenti in campioni di polveri e strati superficiali di suolo (Trifuoggi et al. 2019) ed è stato riportato che in specie modello, come il riccio di mare, le REE causano alterazioni dello sviluppo ed effetti tossici tanto più intensi quanto maggiore è il peso atomico (Oral et al. 2017). Effetti negativi prodotti da concentrazioni crescenti di REE sono stati anche descritti in varie specie di piante (Tommasi, d'Aquino 2017).

In questo studio sono stati analizzati campioni di polveri e strati superficiali del suolo prelevati in varie località prossime alla città di Taranto e ai suoi principali insediamenti industriali, al fine di evidenziare eventuali effetti tossici su piante di *Lemna minor* L., specie modello utilizzata per analisi di biomonitoraggio (Forni, Tommasi 2016).

Materiali e Metodi

Campioni di polveri o strati superficiali di suolo sono stati raccolti in quattro località così indicate: Paolo VI (TA4), Cimitero (TA5), Acquedotto (TA6), Tamburi (TA7) e processati come descritto in Trifuoggi et al. 2019.

Piante di *L. minor* sono state coltivate in soluzione di Hoagland (Hoagland, Arnon 1950) in camera di crescita alla temperatura di 24 ± 2 °C sotto luce bianca con una intensità luminosa di $90 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fotoperiodo luce/buio di 14/10 ore. Alle piante sono state somministrate sospensioni di polveri provenienti dagli strati superficiali del suolo a concentrazioni 0.1, 1 e 5 % in acqua. Le piante sono state allevate in piastre a pozzetti multipli e il tasso di crescita relativo (RGR) e il contenuto di pigmenti fotosintetici sono stati determinati dopo 3, 7, 12 e 15 giorni come riportato in Zicari et al. 2018. Tutte le analisi sono state eseguite in cinque repliche. L'analisi statistica è stata effettuata mediante *t* di Student e le variazioni sono state definite significative per $P \leq 0,05$.

Risultati e Discussione

L'aspetto innovativo di questo studio riguarda la caratterizzazione e l'impiego di sospensioni di polveri provenienti da strati superficiali di suolo in test di tossicità su organismi modello. I campioni di suolo e polveri utilizzati nel presente saggio sono gli stessi saggiati in Trifuoggi et al. 2019 e il loro contenuto in metalli è riportato in Tab. 1. Tutti i campioni ottenuti da strati superficiali di suolo sono risultati contenere quantitativi elevati di Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, V, Sn e REE. I campioni identificati come TA5, TA6 e TA7 provengono da una zona molto vi-

cina ai parchi minerari di una acciaieria (TA5 e TA6) o da una zona a ridosso dell'acciaieria (TA7) e ciò può spiegare la maggior presenza di inquinanti, in particolare Fe e Mn, se confrontati con il campione TA4, che proviene invece dal sito posto a maggior distanza dalla zona industriale.

Tabella 1

Concentrazioni di metalli (mg/Kg) in campioni di polveri e suolo; il dato relativo a REE si riferisce alla somma di 10 elementi.

Campione	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Pb	Ni	V	Sn	REE
TA4	750	28	6	6	1	2,8	1,2	1,7	0,3	10,4
TA5	4600	66,5	84	8,4	7	4,6	3,5	2,1	2,4	5,5
TA6	5840	54,2	50	10	5	4,5	2,1	2,4	1,9	6,3
TA7	5030	59,1	27	8	4	4,1	2,3	1,8	0,9	6,9

Le piantine di *L. minor* trattate per 15 giorni ai campioni di polveri e suolo non hanno mostrato alterazioni morfologiche delle foglie e variazioni statisticamente significative dell'RGR quando esposte a concentrazioni dello 0,1 e 1% (dati non riportati) né alla concentrazione del 5% (Fig. 1).

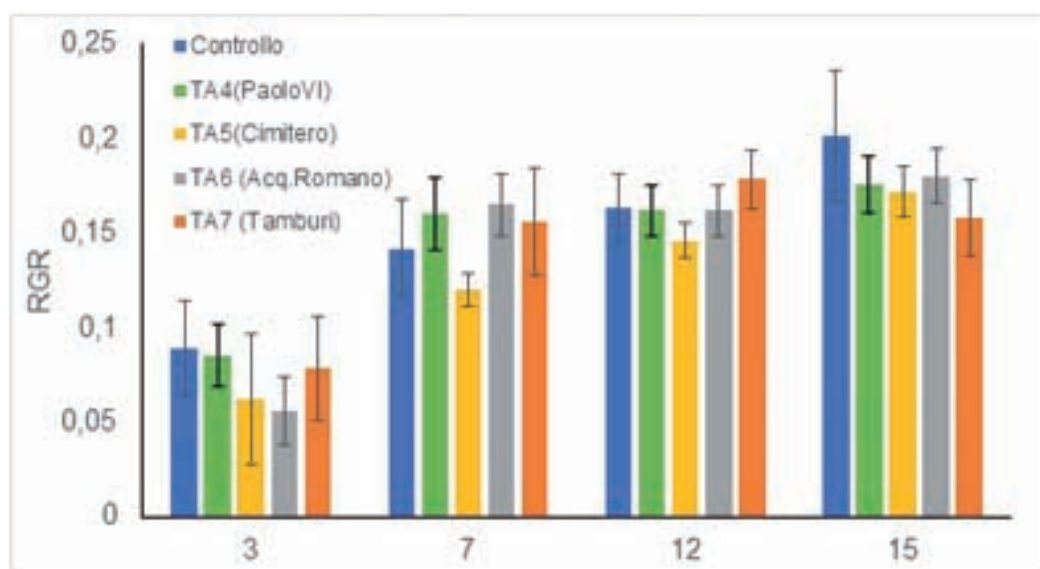


Fig. 1

RGR in piante di *L. minor* allevate per 3, 7, 12 e 15 giorni in acqua contenente una sospensione di suolo e polveri al 5%; * differenze significative per $P \leq 0,05$.

Le radici delle piante allevate in acqua contenente sospensioni suolo e polveri derivanti dai campioni TA5, TA6 e TA7 manifestavano uno sfaldamento degli strati esterni di tessuto, mentre quelle delle piante allevate in acqua contenente sospensioni suolo e polveri derivanti dal campione TA4 risultavano identiche a quelle delle piante allevate in acqua non addizionata di alcuna sospensione (controllo non trattato).

Per quanto riguarda i pigmenti fotosintetici tutti i campioni non hanno mostrato variazioni significative del contenuto di carotenoidi, ma solo un incremento del contenuto totale di clorofilla nei campioni trattati per 15 giorni con la sospensione di polveri al 5% (Fig. 2).

I campioni di suolo e polveri impiegati nel presente lavoro avevano precedentemente causato effetti tossici anche molto marcati in diversi sistemi modello di tipo animale, ad esempio nel riccio di mare *Spaerechinus granularis*, che manifestava difetti di sviluppo embrionale, diminuzione della mitosi e alterazioni del fuso mitotico già con trattamenti con sospensioni allo 0,1%, con effetti particolarmente evidenti nei trattamenti effettuati con i campioni TA5 e TA6, e nel nematode *Caenorhabditis elegans*, che manifestava elevati tassi di mortalità nelle larve (Trifuoggi et al. 2019). I campioni non hanno, invece, indotto evidenti effetti tossici nei saggi di crescita effettuati con *L. minor*, sebbene sia noto che questa risponda con alterazioni della crescita e del metabolismo in risposta alla somministrazione di REE e metalli a concentrazioni diverse (Ippolito et al. 2010, Forni, Tommasi 2016, Tommasi et al. 2018, Zicari et al. 2018). La tolleranza mostrata da *L. minor* nei saggi effettuati in questo studio può

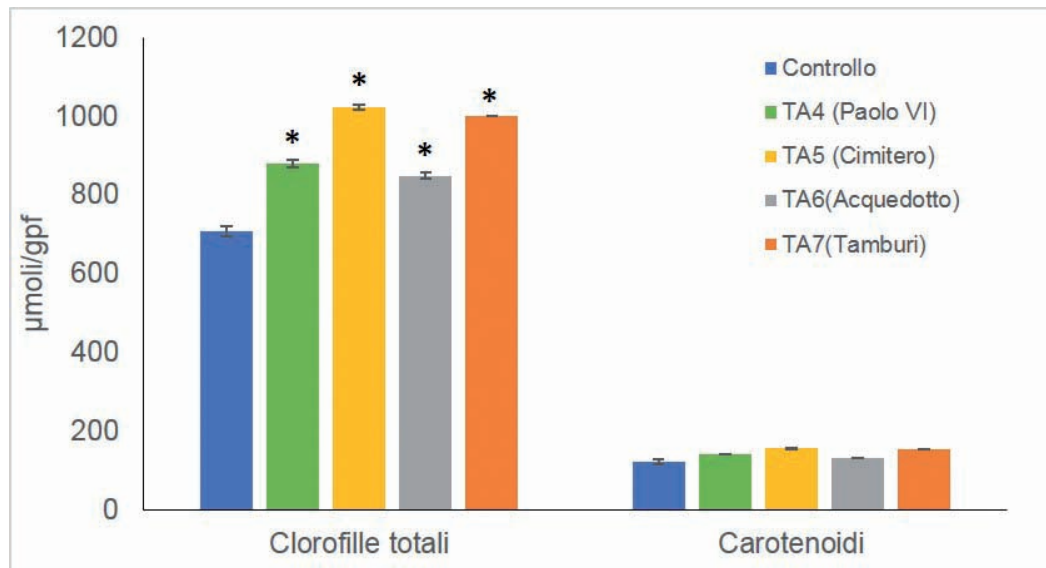


Fig. 2

Contenuto di clorofille e carotenoidi in piante di *L. minor* allevate per 3, 7, 12 e 15 giorni in acqua contenente una sospensione di suolo e polveri al 5%; * differenze significative per $P \leq 0,05$.

essere probabilmente spiegata con la differente biodisponibilità di elementi potenzialmente tossici che si registra nei campioni saggiati. Le sospensioni di polveri e suoli potrebbero limitare la solubilità degli elementi inorganici, soprattutto quelli a maggior valenza, riducendone la biodisponibilità rispetto a soluzioni contenenti ioni liberi. La cessione, seppure più lenta degli elementi inorganici, potrebbe anche spiegare un aumento del contenuto di clorofilla, che si avvantaggerebbe di una maggior disponibilità di elementi essenziali nel trattato rispetto al controllo.

La diversa suscettibilità di organismi filogeneticamente molto distanti indica che solo un approccio articolato al biomonitoraggio può fornire un quadro adeguatamente rappresentativo delle minacce derivanti dall'accumulo di contaminanti inorganici nell'ambiente.

Letteratura citata

- Buccolieri A, Buccolieri G, Cardellicchio N, Dell'Atti A, Di Leo A, Maci A (2006) Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). *Marine Chemistry* 99 (1-4): 227-235.
- Cardellicchio N, Di Leo A, Giandomenico S, Petrucci F, Spada L, Tommasi F (2010) Utilizzo del muschio *Hypnum cupressiforme* nel biomonitoraggio della qualità dell'aria nella città di Taranto. In: De Bellis L, Marchiori S, Miceli A (a cura di) *La biodiversità - risorsa per sistemi multifunzionali*: 110-112. Casa Editrice L'Officina delle Parole, Lecce. ISBN 978-88-904490-4-8.
- Chen Y (2005) Promising application of rare earths in steel and non-ferrous metals. *Rare Earth Information* 5: 34-35.
- Forni C., Tommasi F (2016) Duckweed: A Tool for Ecotoxicology and a Candidate for Phytoremediation. *Current Biotechnology* 5: 2-10.
- Hoagland DR, Arnon DI (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station* 347: 32.
- Ippolito MP, Fasciano C, d'Aquino L, Morgana M, Tommasi F (2010) Responses of antioxidant systems after exposition to rare earths and their role in chilling stress in common duckweed (*Lemna minor* L.): a defensive weapon or a boomerang? *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 58: 42-52.
- Oral R, Pagano G, Siciliano A, Gravina M, Palumbo A, Castellano I, Migliaccio O, Thomas PJ, Guida M, Tommasi F, Trifuoggi M (2017) Heavy rare earth elements affect early life stages in *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* sea urchins. *Environmental research* 15: 240-246.
- Petronio BM, Cardellicchio N, Calace N, Pietroletti M, Pietrantonio M, Caliandro L (2012) Spatial and Temporal Heavy Metal Concentration (Cu, Pb, Zn, Hg, Fe, Mn, Hg) in Sediments of the Mar Piccolo in Taranto (Ionian Sea, Italy). *Water Air & Soil Pollution* 223 (2): 863-875.
- Tommasi F, d'Aquino L (2017) Rare earth elements and plants. In: Pagano G (Ed) *Rare Earth elements in Human and Environmental Health at the crossroad between Toxicity and Safety*, 4: 107-118. Pan Stanford publishing, ISBN 9789814745000.
- Tommasi F, Dipierro N, Paradiso A, Leuci F, Pozzessere L, d'Aquino L, Pagano G (2018) Le terre rare, una risorsa da considerare con attenzione: il Neodimio. *Notiziario della Società Botanica Italiana* 2 (1):14-17.
- Trifuoggi M, Pagano G, Oral R, Gravina M, Toscanesi M, Mozzillo M, Siciliano A, Burić P, Lyons DM, Palumbo A, Thomas PJ, D'Ambra L, Crisci A, Guida M, Tommasi F (2019) Topsoil and urban dust pollution and toxicity in Taranto (Southern Italy)

industrial area and in a residential district. *Environmental Monitoring and Assessment* 191:43.

Zicari MA, d'Aquino L, Paradiso A, Mastrolitti S, Tommasi F (2018) Effect of cerium on growth and antioxidant metabolism of *Lemna minor* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 163: 536–543.

AUTORI

Franca Tommasi (franca.tommasi@uniba.it), Maria Alessandra Zicari (mariaalessandra.zicari@uniba.it), Annalisa Paradiso (annalisa.paradiso@uniba.it), Nunzio Dipierro (nunzio.dipierro@uniba.it), Laura Pozzessere, Dipartimento di Biologia, Università di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4 70125 Bari

Luigi d'Aquino (luigi.daquino@enea.it), ENEA Portici Research Centre, Piazzale E. Fermi 1, 80055 Portici (Napoli)

Marco Trifuoggi, Giovanni Pagano (gbpagano@tin.it), Dipartimento di Scienze Chimiche, Università Federico II, Via Cinthia 26, Napoli

Rahime Oral, Faculty of Fisheries, Ege University, TR-35100 Bornova Izmir, Turkey

Autore di riferimento: Franca Tommasi
