

Capacità di accumulo di metalli in una specie mediterranea: *Nerium oleander* L. a Palermo (Sicilia, Italia)

S. ROSSINI OLIVA e B. VALDÉS

ABSTRACT- *Capacity of atmospheric pollutants accumulation of an ornamental mediterranean species: Nerium oleander L. at Palermo (Sicily, Italy)* - The role of *Nerium oleander* L. as bioaccumulator of atmospheric contaminants was studied. Material was collected in six sites of the city of Palermo (Sicily, Italy) every two months from April 1998 to June 2000. Total concentration of Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn and V was measured in washed and unwashed leaves. This study demonstrates that there are differences in accumulation capacity amongst the twelve studied elements. This species can not be considered hyperaccumulator of any of the studied elements. High correlation was observed between manganese and barium.

Key words: accumulation, contaminants, *Nerium oleander*, oleandro, Palermo

Ricevuto il 2 Maggio 2002
Accettato il 21 Gennaio 2003

INTRODUZIONE

Le piante sono in grado di accumulare una grande quantità di contaminanti. Questa capacità è oggetto di studio ormai da molti anni (LORENZINI, 1981; BAKER, 1989; ANGOLETTA *et al.*, 1993; COOK *et al.*, 1994; BERTHELSEN *et al.*, 1995; BARGAGLI, 1998; ALFANI *et al.*, 2000; ANDERSON *et al.*, 2000).

Sebbene esistano molti studi sul biomonitoraggio ambientale (BERTHELSEN *et al.*, 1995; KOVÁCS *et al.*, 1995; LA MALFA *et al.*, 1996; ANDERSON *et al.*, 2000; MONACI *et al.*, 2000), l'interesse è cresciuto negli ultimi anni in relazione agli effetti degli inquinanti atmosferici nella salute dell'uomo.

È nota la relazione diretta tra la concentrazione di metalli pesanti nell'atmosfera e la loro concentrazione in alcune piante (BERTHELSEN *et al.*, 1995; SALEMAA *et al.*, 2001). In molte città gli inquinanti atmosferici sono generalmente monitorati attraverso stazioni fisse, che tuttavia non includono i metalli in traccia. Per questo motivo l'utilizzo di piante come biomonitors passivi è da anni uno strumento utile per fornire una più completa informazione sull'inquinamento atmosferico (MONACI *et al.*, 2000).

Palermo è il centro urbano più grande della Sicilia, con un numero di abitanti di circa un milione (CALTABELLOTTA *et al.*, 1998) e con un clima medi-

terraneo. Le attività antropiche che causano la maggior parte della contaminazione presente sono da attribuire al traffico e agli impianti di riscaldamento in quanto il numero di industrie è limitato. Il Comune ha installato da alcuni anni un sistema di monitoraggio ambientale che utilizza stazioni fisse per misurare la concentrazione giornaliera di CO₂, NO_x, O₃ e per rilevare il rumore.

Questo articolo riassume i risultati di uno studio condotto negli anni 1998-2000 teso alla conoscenza della capacità di accumulo di specie ornamentali, tra le quali *Nerium oleander* L. (Oleandro) e della possibilità di utilizzarle come specie biomonitor. L'oleandro è stato scelto perchè si trova frequentemente coltivato nelle aree verdi della città, ed essendo una specie perenne consente il campionamento durante tutto l'anno.

MATERIALI E METODI

Durante il 1998 e il 2000, sono stati effettuati campionamenti su 4 individui di oleandro, situati in sei siti della città di Palermo, scelti in base al grado di urbanizzazione e all'intensità del traffico autoveicolare.

I siti considerati sono: 1) P.za Amendola, caratteriz-

zata da elevata intensità traffico giornaliero; 2) Pza. G. Cesare, localizzata nel centro, nei pressi della la Stazione Ferroviaria e vicino ad una Stazione di Servizio; 3) Via Palmerino, un lungo viale densamente urbanizzato e con elevato traffico; 4) Villa Trabia, un'antica Villa, circondata da un giardino pubblico; 5) Palazzo Normanni, un palazzo storico circondato da un giardino e bassa intensità di traffico; 6) Villa Igiea, scelta come bianco per le sue caratteristiche geografiche e i bassi livelli di traffico auto-veicolare (GRATANI *et al.*, 2000).

Sono stati prelevati un totale di 142 campioni di foglie, 24 per sito, eccetto che a Villa Trabia dove sono stati prelevati 22 campioni in quanto durante un mese tutti gli individui erano stati potati drasticamente. Sono stati analizzati i seguenti elementi: Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn e V. I campionamenti sono stati eseguiti ogni due mesi prelevando le foglie sulle parti esterne della chioma. I campioni venivano trasportati immediatamente in laboratorio.

Per ogni individuo campionato sono stati prelevati campioni di foglie di circa 500 mg, sono stati divisi in due subcampioni: uno è stato lavato con acqua distillata e l'altro è stato essiccato senza previo lavaggio. I campioni sono stati essiccati in stufa a 70-90 °C fino al raggiungimento del peso costante e successivamente il materiale è stato tritato. 300 mg di ogni campione sono stati digeriti con un mineralizzatore a microonde aperto PROLABO A 301, utilizzando un doppio attacco con 8 mL di HNO₃ al 60% soprapuro (MERCK) e 6 mL di HClO₄ al 70% soprapuro (MERCK) ad una potenza di 45 W. Le determinazioni chimiche sono state condotte mediante spettrometro di emissione al plasma induttivamente accoppiato (ICP/MS) Mod. FISIONS 3410. Il procedimento analitico è stato verificato attraverso un Materiale Standard di Riferimento (BCR 62-olive leaves). I dati ottenuti sono stati elaborati con un programma di statistica Statsoft, 1999. Le differenze esistenti tra le concentrazioni riscontrate nei diversi siti sono state convalidate attraverso un'analisi semplice di varianza (one-way ANOVA) e, nel caso in cui la varianza era diversa, è stato eseguito il Kruskal-Wallis test. Successivamente per studiare in quali siti esistono differenze rilevanti è stato utilizzato il test di Tukey e il test di Dunnett.

RISULTATI

La Tab. 1 mostra i risultati delle analisi effettuate sul Materiale di Riferimento (BCR 62-olive leaves). L'oleandro ha mostrato una diversa capacità di accumulo degli elementi considerati. Nelle Tab. 2-13 sono esposti i dati analitici delle concentrazioni medie, massime e minime dei vari metalli durante i due anni. Le concentrazioni sono espresse in mg/Kg. La concentrazione media più elevata di Al è stata riscontrata nel sito 5, di Ba nel sito 6 e 4. La concentrazione del Cd analizzata è sempre molto bassa, inferiore a 1 mg/Kg., così come quella del V. Nel sito 1 è stata osservata la massima concentrazione media

TABELLA 1

Concentrazione (Conc.) misurata e certificata degli elementi (mg/Kg) nel Materiale di Riferimento.
Measured and certificate element concentrations (mg/Kg) in reference material.

Elementi	Conc. Misurata	Conc. Certificata
Cu	45,80	46,60 ± 1,80
Cd	0,15	0,10 ± 0,02
Mn	56,50	57,00 ± 2,40
Pb	24,00	25,00 ± 1,50
Zn	15,10	16,00 ± 0,70

TABELLA 2

Concentrazione di Al (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Level of Al (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	51,32	238	112± 45,28	9,24
Cesare	24	7,15	211	101± 50,45	10,52
Igiea	24	65,02	1137	147±212,00	43,33
Normanni	24	7,05	3491	261±161,00	129,00
Palmerino	24	63,40	211	136± 42,54	9,28
Trabia	22	67,85	809	258±165,00	35,30

TABELLA 3

Concentrazione di Ba (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Ba (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	12,11	41,80	26,11± 7,38	1,51
Cesare	24	8,47	80,47	19,57±14,48	3,02
Igiea	24	21,85	84,02	48,41±15,23	3,11
Normanni	24	7,30	67,62	27,12±12,85	2,52
Palmerino	24	16,20	50,20	37,07± 9,90	2,16
Trabia	22	17,07	93,25	49,60±21,60	4,61

TABELLA 4

Concentrazione di Cd (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Cd (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	≤0,005	0,57	0,15±0,21	0,04
Cesare	24	≤0,005	0,48	0,14±0,17	0,03
Igiera	24	≤0,005	0,65	0,14±0,19	0,04
Normanni	24	≤0,005	0,06	0,16±0,23	0,04
Palmerino	24	≤0,005	0,47	0,18±0,17	0,04
Trabia	22	≤0,005	0,83	0,18±0,25	0,05

TABELLA 5

Concentrazione di Cr (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Cr (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	≤0,005	1,47	0,58±0,41	0,08
Cesare	24	≤0,005	1,08	0,38±0,31	0,06
Igiera	24	≤0,005	0,97	0,21±0,24	0,05
Normanni	24	≤0,005	1,32	0,31±0,30	0,06
Palmerino	24	≤0,005	0,82	0,29±0,30	0,06
Trabia	22	≤0,005	1,33	0,35±0,37	0,08

TABELLA 6

Concentrazione di Cu (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Cu (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	6,97	10,43	15,02±19,18	3,92
Cesare	24	4,47	16,38	10,12± 2,44	0,51
Igiera	24	1,40	44,02	7,13± 9,02	1,84
Normanni	24	1,40	44,02	7,13± 9,02	1,84
Palmerino	24	2,32	10,80	7,17± 2,17	0,47
Trabia	22	3,15	25,63	9,66± 5,67	1,21

TABELLA 7

Concentrazione di Fe (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Fe (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	88,97	343	188,00± 58,59	11,96
Cesare	24	70,37	305	147,00± 57,22	11,93
Igiera	24	20,72	173	98,77± 28,68	5,85
Normanni	24	20,72	173	98,77± 28,68	5,85
Palmerino	24	56,57	256	151,00± 49,28	10,75
Trabia	22	61,77	823	231,00±165,00	35,20

TABELLA 8

Concentrazione di Pb (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Pb (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	≤0,05	8,66	3,59±2,52	0,51
Cesare	24	≤0,05	9,30	3,65±2,63	0,55
Igiera	24	≤0,05	8,00	2,76±2,90	0,50
Normann	2	≤0,00	8,07	2,76±2,90	0,59
Palmerino	24	≤0,05	9,33	3,50±2,50	0,54
Trabia	22	≤0,05	10,50	3,19±3,13	0,67

TABELLA 9

Concentrazione di Mg (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Mg (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	2562	7362	4112± 1313	268
Cesare	24	4357	13121	7120± 1929	402
Igiera	24	199	509	3545± 77	15
Normanni	24	2415	9646	4745± 1503	294
Palmerino	24	293	572	4454± 86	18
Trabia	24	255	1354	5462± 241	51

TABELLA 10

Concentrazione di Mn (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Mn (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	43,90	138,20	73,73±23,73	4,84
Cesare	24	26,37	68,25	44,23±10,67	2,22
Ignea	24	14,77	144,00	89,46±28,25	5,76
Normanni	24	15,72	28,00	58,49±56,42	11,06
Palmerino	24	46,32	185,00	116,00±33,05	7,21
Trabia	22	68,47	296,00	115,00±48,12	10,26

TABELLA 11

Concentrazione di Ni (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Ni (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	2	≤0,01	6,65	0,79±1,51	0,31
Cesare	24	≤0,01	1,23	0,32±0,44	0,09
Ignea	24	≤0,01	1,80	0,36±0,51	0,10
Normanni	24	≤0,01	1,72	0,32±0,52	0,10
Palmerino	24	≤0,01	1,40	0,37±0,49	0,11
Trabia	24	≤0,01	1,15	0,30±0,44	0,09

TABELLA 12

Concentrazione di Zn (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of Zn (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	14,40	201,00	37,17±18,58	7,87
Cesare	24	11,47	42,35	22,60±9,79	2,04
Ignea	24	13,75	49,37	25,76±11,33	2,31
Normanni	24	10,15	49,50	25,05±9,55	1,72
Palmerino	24	11,37	209,00	34,95±42,12	9,19
Trabia	22	13,72	77,15	29,97±17,81	3,80

TABELLA 13

Concentrazione di V (mg/Kg) nelle diverse stazioni. N, numero di campioni studiati; Val. Min., valore minimo; Val. Max., valore massimo; X, valore medio; s, deviazione standard; Err. St., errore standard.

Levels of V (mg/Kg) in the different sampling stations. N, number of samples studied; Val. Min., minimum value; Val. Max., maximum value; X, mean value; s, standard deviation; Err. St., standard error.

Sito	N	Val. Min	Val. Max	X ± s	Err.St.
Amendola	24	≤0,01	0,82	0,20±0,21	0,04
Cesare	24	≤0,01	0,73	0,20±0,22	0,04
Ignea	24	≤0,01	0,65	0,22±0,22	0,04
Normanni	24	≤0,01	0,90	0,21±0,24	0,05
Palmerino	24	≤0,01	0,72	0,24±0,22	0,05
Trabia	22	≤0,01	0,83	0,31±0,26	0,06

di Ni, Cr, Cu e Zn. In generale la massima concentrazione di Zn è stata riscontrata, a parte nel sito 1, anche nei siti 2 e 3, con valori medi abbastanza superiori a quelli riscontrati da AKSOY, ÖZTÜRK (1997). Nei siti 1 e 2 è stata osservata la massima concentrazione media di Pb. La massima concentrazione media di Mg è stata osservata nel sito 2, mentre quella di Mn nel sito 3 e nel sito 4 è stata riscontrata la maggiore concentrazione media di Fe.

I risultati del test di Tukey e di Dunnett mostrano che non esistono differenze statisticamente rilevanti tra le concentrazioni del Cd, Ni, Pb, Zn e V riscontrate nei vari siti.

Nel caso dell'Al, nel sito 4 la concentrazione è statisticamente superiore a quella dei siti 1 e 2 ($p < 0,05^*$). Il contenuto di Ba è notevolmente maggiore nel sito scelto come bianco (6) rispetto a tutti gli altri siti eccetto che nel sito 4 (parco urbano) ($p < 0,05^*$). Nel sito 4 poi la presenza di Ba è più elevata rispetto ai siti 1 e 2 (piazze nel centro della città) ($p < 0,05^*$).

Dai risultati del Tukey test si può evincere che nel sito 1 la concentrazione di Cr e Cu è statisticamente maggiore rispetto a tutti gli altri siti eccetto che nel sito 2.

I risultati del Fe dimostrano che nel sito 6 (bianco) le concentrazioni sono inferiori rispetto a tutti gli altri siti ($p < 0,05^*$) eccetto che nel sito 5.

La concentrazione di Fe è statisticamente superiore nel sito 1, 2 e 3 rispetto al sito scelto come bianco ($p < 0,05^*$).

Il Tukey test ha dimostrato che la concentrazione di Mn nei siti 3 e 4 è statisticamente superiore a quella degli altri siti. Nel sito 2 la concentrazione di Mg è notevolmente superiore a quella degli altri siti ($p = 0,006^{**}$) ed è ancora più marcata comparandola con quella del bianco ($p < 0,0005^{***}$).

Un'analisi di correlazione tra i vari elementi ha messo in evidenza che in tutti i siti esiste una correlazione significativa (Fig. 1): il Mn ha mostrato alta correlazione con il Ba ($r = 0,71-0,89$).

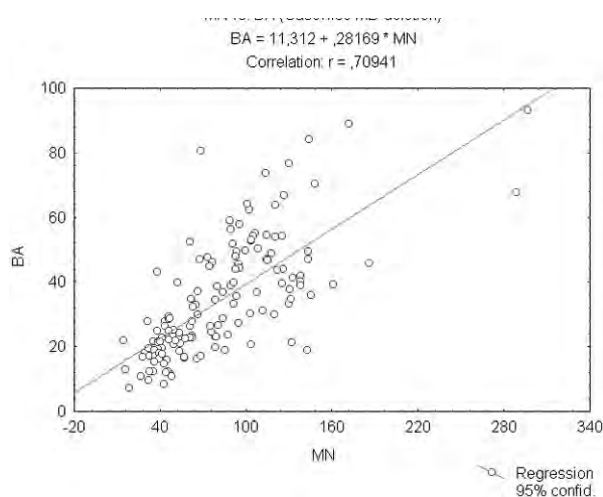


Fig. 1

Correlazione tra il Mn e il Ba usando i valori medi per i siti considerati.

Correlation between Mn and Ba using site specific means.

Nei siti 1, 2, 3 e 4 esiste una correlazione tra Fe e Al ($r = 0,80-0,90$), mentre nei siti 3, 4 e 5 esiste correlazione tra Mg e Mn ($r = 0,76-0,86$).

La Fig. 1 mostra la correlazione generale, cioè non per sito, elaborata usando la media di Mn e Ba, mentre $r = 0,71-0,89$ è il range per i vari siti.

DISCUSSIONE

Dall'analisi dei risultati è emerso che non esistono differenze rilevanti di concentrazioni del Cd, Ni, Pb, V e Zn nei vari siti studiati.

I risultati del Ni e V dimostrano che in nessun sito è presente una elevata concentrazione di questi due elementi.

Lo Zn è un elemento strettamente correlato con l'intensità di traffico in quanto deriva dalla combustione dell'olio delle automobili, dalla corrosione dei pneumatici e dei freni (ANGOLETTA *et al.*, 1993; NIMIS *et al.*, 1999). I siti 1, 2 e 3 sono caratterizzati da un'intensità di traffico autoveicolare, mentre la tipologia degli altri tre siti è diversa, essendo parchi urbani con un traffico veicolare inferiore, però fenomeni di risospensione dovuti al fatto che i siti sono circondati da molti edifici causano un incremento di questo elemento. CAPANNESI *et al.* (1980), YLÄRANTA (1995), LA MALFA *et al.* (1996) e MONACI *et al.* (2000), riportano un aumento di concentrazione di Pb in zone con un maggior traffico. Le concentrazioni medie riscontrate in questa specie a Palermo sono inferiori a quelli della città di Catania e Antalya (Turchia) nella stessa specie (LA MALFA *et al.*, 1996; AKSOY, ÖZTÜRK, 1997). I risultati mostrano che non esistono differenze rilevanti tra le concentrazioni dei campioni raccolti nei diversi siti; questo indica che la concentrazione atmosferica di Pb non è molto diversa nonostante la diversa tipologia dei siti, visto che si è dimostrato che la specie oggetto di studio è un biomonitor del Pb (AKSOY, ÖZTÜRK, 1997). Questo può essere dovuto al fenomeno di risospensione che,

si verifica in quanto tutti i siti sono delimitati da una elevata densità di edifici, che impediscono la dispersione dei inquinanti causandone così un incremento. I valori riscontrati per il Cd sono inferiori a quelli osservati nella stessa specie, a Catania, da LA MALFA *et al.* (1996) e in Turchia da AKSOY, ÖZTÜRK (1997). La uniformità dei risultati nei vari siti in quanto a differenze rilevanti nella concentrazione, mostra ancora una volta che fenomeni di risospensione sono presenti nei siti scelti. Il Cd è un elemento prodotto nelle industrie di acciaio, vernici e coloranti, ma è anche direttamente relazionato con il traffico in quanto è presente negli additivi delle benzine, olio degli autoveicoli e si produce dalla combustione dei pneumatici (ORMROD, 1984; GREGER, JOHANSSON, 1992; LARSSON *et al.*, 1998; NIMIS *et al.*, 1999). L'unica fonte di produzione possibile nella città di Palermo è legata al traffico; questo dimostra che tra i vari siti la differenza nel livello di traffico è annullata da fattori atmosferici e di dispersione.

L'Alluminio è un elemento terrigeno, caratteristico del substrato, quindi le differenze riscontrate nei vari siti possono essere dovute in parte alla diversa composizione del suolo.

L'elevata presenza di Ba nel sito 6 può spiegarsi con la direzione del vento. Il Ba è un elemento correlato con il traffico veicolare (MONACI *et al.*, 2000) e non è un elemento essenziale per le piante. La sua elevata concentrazione dimostra inoltre che il contributo del fenomeno della risospensione assume anche per questo inquinante una notevole importanza. Questo spiega anche il suo elevato valore nel sito 4, essendo questo sito un parco delimitato da alti edifici che impediscono la circolazione.

Il Cr non è un elemento essenziale per le piante. Le concentrazioni riscontrate sono sempre basse, inferiori al valore di background (0,2-1 mg/Kg) (MARKERT, 1996; BAKER, 1989), nonostante tutti i risultati dimostrano che esiste una differenza rilevante tra il sito 1 e 2 e gli altri siti, legata alla loro diversa tipologia. Una riduzione del contenuto di Cr nelle foglie raccolte nei parchi rispetto alle strade o piazze, è stato osservato nelle foglie di *Quercus ilex* da ALFANI *et al.* (2000).

La riduzione del Cu in tutti i siti rispetto al sito 1 e 2 è dovuta all'intensità di traffico presente in queste due località. Il Cu presente nell'atmosfera è, infatti, proporzionale all'intensità di traffico in quanto è prodotto dall'usura delle pastiglie dei freni e dei pneumatici (ANGOLETTA *et al.*, 1993).

Il minor contenuto di Fe nel sito bianco rispetto a tutti gli altri siti è dovuto al fatto che il Fe è un elemento che deriva dall'usura delle parti meccaniche degli autoveicoli. La correlazione positiva tra Al e Fe osservata nei siti 1 ($r = 0,90$), 2 ($r = 0,82$), 3 ($r = 0,80$) e 4 ($r = 0,98$) mostrano però che questo elemento segue l'andamento degli elementi terrigeni, quindi parte del suo contenuto nelle foglie deriva dall'assorbimento della parte ipogea.

Il Mn è uno degli elementi più abbondanti della litosfera ed è un elemento essenziale per la nutrizione delle piante (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1984). La

correlazione positiva con il Ba dimostra comunque che parte di questo elemento proviene dalla contaminazione atmosferica. Il Mg è un elemento molto abbondante nell'acqua e nel suolo producendo variazioni del suo contenuto nei vari siti. L'andamento simile agli elementi della litosfera è stato evidenziato in alcuni siti (3, 4, 5) dalla correlazione osservata tra Mg e Mn.

L'elevata concentrazione di Mg riscontrata nel sito 2 può essere legata alle differenze di suolo tra i vari siti, essendo il Mg un elemento terrigeno.

La correlazione incontrata in questo studio tra il Ba e il Mn era stata osservata da WYTTENBACH, TOBLER (1988) negli aghi di *Picea abies*. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che entrambi gli elementi entrano a far parte della composizione delle benzine, provenendo quindi dalla stessa fonte. Un'altra spiegazione è da ricercare nella presenza del Mn nelle piante sotto forma di ione libero o reversibilmente legato con metalli alcalino-terrigeni come il Ba e non con altri metalli di transizione (WYTTENBACH, TOBLER, 1988).

CONCLUSIONE

Ogni elemento studiato in questa indagine si trova come costituente della composizione della pianta, con una concentrazione chiamata "background values" (BAKER, 1989; MARKERT, 1996). Questi valori, noti per la maggior parte degli elementi, sono solo indicativi, in quanto variano molto in funzione delle caratteristiche litologiche, della specie e del tessuto vegetale (NIMIS *et al.*, 1993). Le concentrazioni normali di Cr in una pianta sono di 0,2-1 mg/Kg., questo significa che l'oleandro non accumula questo elemento. Lo stesso può dirsi per il Ni (background value 1,5 mg/Kg.), il Fe (background value 200 mg/Kg) e il V (background value 0,5 mg/Kg.) (MARKERT, 1996; BAKER, 1998). Riguardo al Cr va chiarito comunque che le informazioni sul contenuto di questo elemento nelle piante sono scarse; KABATA-PENDIAS, PENDIAS (1984) riportano valori normali di Cr nelle piante di 0,02-0,2 mg/Kg.

I risultati mostrano che l'oleandro ha una buona capacità di accumulo di Al, Ba, Cu, Cd, Mg, Mn, Pb e Zn. Va precisato in ogni caso che, per quanto riguarda la concentrazione normale di manganese nelle piante, esistono pareri discordanti, in quanto dipende molto dallo stadio di sviluppo della pianta e varia nelle diverse specie.

I risultati dimostrano che la differenza di concentrazione riscontrata nelle foglie non è solo legata alla tipologia dei siti, ma i fattori climatici e le caratteristiche architettoniche dei siti possono influire notevolmente sulla concentrazione dei inquinanti. Dai risultati si evince che il sito scelto come bianco in realtà non può considerarsi come tale e questo è dovuto certamente alla sua eccessiva vicinanza alla città e al fenomeno di risuspensione che spiega anche la presenza di Pb e Zn in concentrazioni simili in tutti i siti oggetto di studio.

I risultati ottenuti mostrano che l'oleandro può con-

siderarsi una specie biomonitor, anche se non per tutti gli elementi studiati.

D'accordo con la definizione di BAKER *et al.* (1994), CUNNINGHAM, OW (1996) e SAXENA *et al.* (1999), la specie studiata non può considerarsi iperaccumulatrice.

Elevata correlazione è stata osservata tra Ba e Mn. La funzione fisiologica e la comune fonte di produzione antropica spiegano le correlazioni incontrate.

LETTERATURA CITATA

- ALFANI, A., BALDANTONI, G., MAISTO, G., BARTOLI, G., VIRZO DE SANTO, A., 2000 - *Temporal and spatial variation in C, N, S and trace element contents in the leaves of Quercus ilex within the urban area of Naples*. Environ. Pollut., 109: 119-129.
- AKSOY, A., ÖZTÜRK, M. A., 1997 - *Nerium oleander L. as biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments*. Sci. Total Environ., 205: 145-150.
- ANDERSON S., CHAPPELKA A. H., FLYNN K. M., ODOM J. W., 2000 - *Lead accumulation in Quercus nigra and Q. velutina near smelting facilities in Alabama, U.S.A.* Water, Air, and Soil Pollut., 118: 1-11.
- ANGOLETTA M., BENTIVOGLIO A., GIUSTO D., 1993 - *Accumulo di metalli pesanti in piante erbacee*. Inquinamento, 5: 74-79.
- BAKER A. J.M., 1989 - *Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements A review of their distribution, ecology and phytochemistry*. Biorecovery, 1: 81-126.
- BAKER A. J.M., REEVES R. D., HAJAR A. S.M., 1994 - *Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte Thlaspi caerulescens J. C. Presl (Brassicaceae)*. New Phytol., 127: 61-68.
- BARGAGLI R., 1998 - *Trace Elements in Terrestrial Plants: an Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery*. Springer-Verlag, Berlin.
- BERTHELSEN B. O., STEINNES, E., SOLBERG, W., JINGSEN L., 1995 - *Plant and environment interaction. Heavy metal concentration in plants in relation to atmospheric heavy metal deposition*. J. Environ. Qual., 24 : 1018-1026.
- CALTABELLOTTA D., DRAGO A., LO BIANCO B., LOMBARDO M., 1998 - *Climatologia della Sicilia*. Regione Siciliana, Ass. Agric. Foreste, Gruppo IV Servizi allo Sviluppo, Unità di Agrometeorologia, Palermo.
- CAPANNESI G., GRATANI L., AMADORI M., BRUNO F., 1980 - *Accumulation level of 36 elements in Quercus ilex leaves in Rome (Italy)*. In: MORONI A., RAVERA O., ANELLI A. (Eds.), *Atti primo Congres. Naz. Soc. It. Ecol.*: 397-406. Salsomaggiore Terme, 21-24 Ottobre 1980.
- COOK C. M., SGARDELIS S. P., PANTIS J. D., LANARAS T., 1994 - *Concentration of Pb, Zn and Cu in Taraxacum spp. in relation to Urban Pollution*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 53: 204-210.
- CUNNINGHAM S. D., OW D. W., 1996 - *Promises and prospects of phytoremediation*. Pl. Physiol., 110: 715-719.
- GRATANI L., CRESCENTE M. F., PETRUZZI M., 2000 - *Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of Quercus ilex in polluted urban areas (Roma)*. Environ. Pollut., 110: 19-28.
- GREGGER M., JOHANSSON M., 1992 - *Cadmium effects on leaf transpiration of sugar beet (Beta vulgaris)*. Physiol. Pl., 86: 465-473.

- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1984 - *Trace elements in soil and plants*. CRC Press, Boca Raton.
- KOVÁCS M., PENKSZA K., TURCSÁNYI G., KASZAB L., ÖTVÖS E., 1995 - *Element concentration cadasters of halophytic plant communities in Hungary*. Acta Bot. Hung., 39 (1-2): 3-16.
- LARSSON E. H., BORMAN J. F., ASP H., 1998 - *Influence of UV-B radiation and Cd on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in Brassica napus*. J. Exp. Bot., 49 (323): 1031-1039.
- LA MALFA G., ROMANO D., LEONARDI C., 1996 - *Il potere disinquinante dell'aria quale criterio di scelta delle specie ornamentali per il verde urbano*. Agronomia, 3 : 461-469.
- LORENZINI, G., 1981 - *I vegetali come indicatori biologici degli inquinanti atmosferici: possibilità applicative*. Inform. Agr., 9: 1719-1720.
- MARKERT B., 1996 - *Instrumental Element and Multi-Element Analysis of Plant Samples*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- MONACI F., MONNI F., LANCIOTTI E., GRECHI, D., BARGAGLI R., 2000 - *Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead*. Environ. Pollut., 107: 321-327.
- NIMIS P. L., CASTELLO M., PEROTTI M., 1993 - *Lichens as bioindicators of Heavy Metal pollution: A case on study at La Spezia (N Italy)*. In: B. MARKERT (ed.), *Plants as Biomonitorers*. 265-284. VCH Weinheim, New York.
- NIMIS P. L., SKERT N., CASTELLO M., 1999 - *Biomonitoraggio di Metalli in Traccia tramite Licheni in aree a rischio del Friuli-Venezia Giulia*. Stud. Geobot., 18: 3-49.
- ORMROD P. D., 1984 - *Impact of trace element pollution on plant*. In: M. TRESHOW (ed.), *Air pollution and plant life*. 291-319. J. Wiley & Sons Ltd.
- SALEMMA M., VANHA-MAJAMAA I., DEROME J., 2001 - *Understorey vegetation along a heavy-metal pollution gradient in SW Finland*. Environ. Pollut., 112: 339-350.
- SAXENA P. K., KRISHNARAJ S., DAN T., PERRAS M. R., VETTAKKORUMAKANKAV N. N., 1999 - *Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated and Polluted Soils*. In: M.V.V PRASAD, J. HAGEMeyer (eds.), *Heavy Metal Stress in Plants*. 305-329. Springer.
- YLÄRANTA T., 1995 - *Effect of road traffic on heavy metal concentrations of plants*. Agric. Sci. Finland, 4: 35-48.
- WYTTENBACH A., TOBLER L., 1988 - *The seasonal variation of 20 elements in 1 st and 2 nd year needles of Norway spruce, Picea abies (L.) Karst*. Trees, 2: 52-64
- RIASSUNTO - La capacità di accumulo di metalli (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, Zn e V) in *Nerium oleander* L. è stata studiata coprendo 6 siti nella città di Palermo con differenze architettoniche e intensità di traffico veicolare (Sicilia, Italia), condotto durante due anni (Aprile 1998-Giugno 2000), ha messo in evidenza la capacità di accumulo dell'oleandro. Sono state evidenziate correlazioni tra i diversi elementi; in particolare tra Mn e Ba e tra Cu e Ni.

AUTORI

Sabina Rossini Oliva, Benito Valdés, Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Avenida Reina Mercedes s/n, Apartado de Correo 1095, 41080 Siviglia, Spagna, e-mail bisabina@libero.it, fax: +34954557059