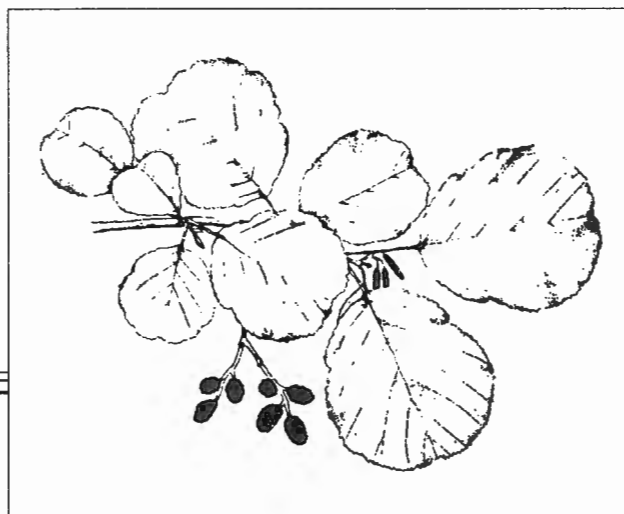


BIOINDICATORI



VERIFICA DI UNA METODICA DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO CON PIANTE DI INTERESSE FORESTALE IN AMBIENTE URBANO E SUBURBANO

Mauro Bragaloni*, Enrico Garrou**, Paolo Puccinelli*

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, nell'ambito di una crescente attenzione ai problemi della qualità dell'ambiente urbano, sono state compiute molte ricerche finalizzate al controllo dell'inquinamento atmosferico. L'impiego di strumentazione sempre più sofisticata ha permesso la determinazione accurata di gran parte degli inquinanti atmosferici e la redazione di mappe di qualità dell'aria, utili strumenti per l'individuazione di zone a rischio per la salute pubblica.

Una valida alternativa a tale metodologia può essere rappresentata dall'impiego di indicatori biologici che, rispondendo a miscele di inquinanti ed ai fenomeni di sinergia ed antagonismo tra essi -difficilmente valutabili in altro modo- forniscono giudizi sintetici di qualità dell'aria.

In questo senso i licheni sono da tempo (NYLANDER,

1866) considerati efficaci e sensibili indicatori in quanto associano ad una elevata sensibilità e ad una attività metabolica continua e lenta un notevole potere di accumulo. Tuttavia la maggior parte degli studi più recenti è stata effettuata al di fuori dell'ecosistema urbano dal momento che all'interno dello stesso si riscontra quasi sempre una condizione di "deserto lichenico" (CAMUFFO et al., 1988a e 1988b; CANIGLIA et al., 1988a e 1988b; LEBLANC e DE SLOOVER, 1970; KAUPPI e MIKKONEN, 1980; PIERVITTORI e MONTACCHINI, 1980/81).

Oggetto di numerose ricerche da diversi decenni sono molte altre forme vegetali che, per la loro elevata sensibilità o capacità di accumulo, si prestano ottimamente come mezzi di indagine, fornendo sintomi tipici o accumulando nei propri tessuti concentrazioni di inquinanti sufficienti alla loro rilevazione strumentale (ALFANI et al., 1989).

L'effetto dell'inquinamento atmosferico sulle attività enzimatiche è stato dimostrato in piante di interesse agronomico e forestale (GODZICK, 1967; LEE et al.,

* Università di Torino, D.I.V.A.P.R.A., sez. Patologia Vegetale

** Laboratorio di Sanità Pubblica di Grugliasco, sez. Biotossicologica

1966).

KELLER (1974) sottolinea che l'incremento dell'attività perossidasi è un indicatore molto sensibile e precoce della reazione delle piante agli inquinanti atmosferici, essendo rilevabile anche in assenza di sintomi visibili di danneggiamento. Molti Autori hanno riscontrato un aumento dell'attività perossidasi fogliare di piante sane, in risposta a stress abiotici (CASTILLO et al., 1987; CASTILLO, 1986; DECLEIRE et al., 1984; HARPER e HARVEY, 1978; BECKER et al., 1990; LANGEBAERTS et al., 1989; MANES et al., 1986 e 1987) ed è stata messa in evidenza una stretta correlazione tra aumento della perossidasi e processi di wall-stiffening (ispessimento della parete cellulare) e di lignosubificazione che, in genere, si verificano a seguito di stress da ferita o di alcuni attacchi di natura biotica ed abiotica (ANGELINI, 1983/1986; ANGELINI e FEDERICO, 1989; LAMPORT, 1986; FRY, 1986; SIEGEL, 1955).

La partecipazione delle perossidasi ad alcuni processi biochimici di detossificazione e di senescenza è stata pure suggerita (BURRIS, 1960; CADENAS, 1989; GALSTON et al., 1968).

Scopo della sperimentazione descritta era quello di valutare la praticabilità per Enti di controllo ambientale dell'utilizzo della determinazione dell'attività perossidasi fogliare per il mappaggio della qualità dell'aria in ambiente urbano e suburbano.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Selezione dei siti

La scelta dei siti di prelievo è stata operata individuando aree poco o per nulla esposte al traffico veicolare (+), mediamente esposte (++) e molto esposte (+++). Per il primo caso, sono state individuate aree esterne alla città ed un grande parco cittadino. Per gli altri casi, sono state considerate alberature stradali ed aree verdi situate in prossimità di arterie secondarie di traffico con scarsa presenza di semafori, e strade di comunicazione principali soggette ad un traffico intenso. In questo modo è stato possibile stabilire un certo gradiente di inquinamento, dall'esterno all'interno dell'ambiente urbano; sono state selezionate aree il più possibile omogenee tra loro per altitudine, condizioni microclimatiche ed edafiche. Non è stato possibi-

le reperire dati storici sui siti in esame; gli unici dati disponibili sull'inquinamento atmosferico di Torino sono quelli elaborati dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del C.N.R. per il Ministero dell'Ambiente (tab. 1) che indicano Torino come una delle città italiane con più alto tasso di biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio e particolato.

2.2 Campionamento del materiale vegetale

La scelta di piante campione in condizioni il più possibile omogenee, o quantomeno confrontabili, riveste fondamentale importanza.

In questa prima fase sono state utilizzate specie di una certa diffusione in ambito nazionale e di una certa importanza dal punto di vista paesaggistico ed economico. Esse sono *Robinia pseudoacacia* (robinia), specie azotofissatrice, mellifera e dal legno molto resistente; *Tilia* spp. (tiglio), pianta mellifera di interesse ornamentale, *Celtis australis* (bagolaro) e *Carpinus betulus* var. *pyramidalis* (carpino), specie molto diffuse nelle alberature stradali, almeno nel torinese.

Sono stati campionati alberi il più possibile omogenei per età, sviluppo ed ambiente edafico. Preliminarmente si è resa necessaria una accurata valutazione dello stato di salute delle piante per selezionare individui privi di alterazioni dovute ad agenti biotici (funghi, batteri, virus e insetti), abiotici (ad es. lesioni da gelo) e antropici (ad es. potature molto frequenti).

In ogni stazione di prelievo e per ogni pianta campione sono stati prelevati tre rametti terminali (15-20 cm) in punti diversi della chioma; per ogni rametto è stata recisa una foglia completamente sviluppata e comparabile per dimensione con quelle degli altri.

Tab. 1

Depositi acide: valori medi di pH, SO_4^- , NO_3^- , NH_4^+ (sett. 1991: relazione sullo stato dell'ambiente, Ministero dell'Ambiente, marzo 1992)

STAZIONE	pH	SO_4^- µeq/L	NO_3^- µeq/L	NH_4^+ µeq/L
Grugliasco Scuola*	-	-	-	-
Sestriere	5,0	57	30	24
Consolata	4,3	94	72	112
Ulsi	5,2	30	19	20
Viù Asciutti	4,6	89	72	51

* Dati non pervenuti o non validati

Al fine di ottenere informazioni sullo stato idrico è stato determinato il potenziale idrico dei tessuti misurando, mediante una camera a pressione portatile, la pressione necessaria a determinare la fuoriuscita della linfa dal picciolo di una foglia posta in una camera a pressione ermeticamente sigillata (BOYER, 1969).

Il potenziale idrico va misurato verso mezzogiorno (MWP: midday water potential) assieme ai prelievi per la determinazione delle attività enzimatiche quando il deficit idrico della pianta è più elevato e quindi il potenziale idrico più basso; possono così essere meglio evidenziati eventuali stati di stress, anche temporanei. In tale momento della giornata, inoltre, lo stato idrico non è soggetto a variazioni sensibili.

Purtroppo, per motivi operativi, non è stato possibile rilevare per tutti i siti il potenziale idrico, mentre sono sempre state rilevate temperatura e umidità relativa atmosferica.

I prelievi di materiale fogliare sono stati effettuati due volte: nell'ultima settimana di agosto e nella seconda settimana di settembre.

2.3 Estrazione e determinazione enzimatica

Il materiale vegetale è stato omogeneizzato in una soluzione tampone a pH 7 (tampone fosfato 0,1 M + NaCl 0,5 M) in un mortaio mantenuto a 4 °C, rispettando un rapporto di 5 mL di soluzione per grammo di tessuto fresco. L'omogenato ottenuto è stato sottoposto a centrifugazione (12.000 g per 5 minuti) e il supernatante raccolto è stato utilizzato per la determinazione della perossidasi (POD).

L'attività della POD, espressa in unità internazionali (U) per grammo di tessuto fresco, è stata determinata seguendo la formazione del tetraguaiacolo secondo le indicazioni di ANGELINI e FEDERICO (1989), aggiungendo guaiacolo come substrato.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 2, 3, 4 e 5 ed illustrati nelle rispettive figure 1, 2, 3 e 4.

Una prima analisi dei risultati evidenzia diversi livelli di attività POD in relazione alla specie esaminata. Ciò sembra concordare con le indicazioni della letteratura (KELLER, 1974; MANES et al., 1989), anche se non sono state reperite informazioni specifiche sulle

essenze esaminate. Questi diversi livelli di attività enzimatica vengono ugualmente bene rilevati dalla metodologia di saggio adottata.

In linea di massima è stato registrato un gradiente di attività per tutte e quattro le specie tra i siti considerati poco inquinati e quelli ad inquinamento maggiore. I doppi rilievi di attività POD, effettuati a distanza di una settimana circa, non sembrano mostrare differenze apprezzabili.

Anche per il potenziale idrico che determina la fuoriuscita della linfa dal picciolo fogliare sono stati riscontrati valori diversi in funzione della specie. Esso è risultato più elevato, in valore assoluto, nelle stazioni più soggette a traffico veicolare; negli stessi siti è stata rilevata in molti casi una ridotta umidità relativa ed una temperatura più alta.

Nell'esperienza descritta, i dati relativi al bagolaro (fig. 1, tab. 2) sono stati quelli meno chiari da interpretare: la POD, infatti, è risultata simile fra le stazioni considerate non inquinate e quelle a medio inquinamento. Sarà necessario approfondire lo studio su questa essenza, anche con l'incremento dei dati sperimentali, per valutare la validità del suo utilizzo come indicatore di inquinamento atmosferico.

Viceversa, la robinia (fig. 2, tab. 3) ha presentato un netto gradiente positivo di attività POD in relazione all'aumento dell'inquinamento atmosferico; essa si è mostrata la pianta più sensibile all'inquinamento in qualsiasi condizione.

Sul tiglio (fig. 3, tab. 4) sono state registrate sensibili differenze di attività POD fra le zone poco inquinate e quelle molto inquinate, mentre i valori misurati nelle stazioni mediamente inquinate non si discostano da quelle poco inquinate. Tale comportamento potrebbe avere una duplice spiegazione: da un lato l'inquinamento presente nelle stazioni considerate mediamente inquinate potrebbe essere stato sopravvalutato, dall'altro si potrebbe ipotizzare una risposta non più graduale come nel caso della robinia, ma la risposta sarebbe netta ed elevata solo al di sopra di una certa concentrazione soglia di inquinanti.

Anche nel caso del carpino (fig. 4, tab. 5) l'attività POD aumenta in relazione all'aumento dell'inquinamento atmosferico, sia pure in modo meno netto di quello rilevato per la robinia. Tale tendenza sembra sufficiente per descrivere situazioni di inquinamento intermedio, anche se solo un incremento numerico dei

Tab. 2 - Tabella riassuntiva dei dati rilevati per il bagolaro**

STAZIONI	4 ^a settimana di agosto				1 ^a settimana di settembre			
	T °C	U.R. %	Pressione (bar)*	POD (U/g)	T °C	U.R. %	Pressione (bar)	POD (U/g)
10- Parco del Municipio Rivoli (+)	22	41	20,4	0,500	23	45	23,4	0,550
	22	41	20,8	1,520	23	45	22,7	1,350
	23	43	21,4	2,070	23	45	22,0	1,860
11- C.so Francia, ang. v. Germonio (++)	24	55	28,6	4,570	25	57	29,0	3,890
	24	55	25,2	1,600	25	57	25,0	1,580
	24	55	29,1	2,330	25	57	27,8	2,560

Tab. 3 - Tabella riassuntiva dei dati rilevati per la robinia**

STAZIONI	4 ^a settimana di agosto				1 ^a settimana di settembre			
	T °C	U.R. %	Pressione (bar)*	POD (U/g)	T °C	U.R. %	Pressione (bar)	POD (U/g)
1- Abbazia S. Antonio di Ranverso (+)	24	42	21,6	0,032	22	45	22,2	0,040
	24	42	22,0	0,103	22	46	23,1	0,070
	24	42	21,8	0,080	22	45	22,0	0,078
2- C.so Francia, Ponte FFSS (++)	24	55	-	0,210	23	52	23,4	0,177
	24	55	-	0,185	23	50	22,7	0,157
	24	55	-	0,213	23	50	23,1	0,205
3- C.so Francia, ang. via Berton (+++)	22	56	21,4	0,460	24	58	21,4	0,477
	22	56	24,1	0,530	24	58	24,1	0,517
	22	56	22,2	0,437	24	58	22,2	0,433
4- Presso Città Mercato (+++)	26	32	-	0,690	24	36	23,2	0,690
	26	32	-	0,573	24	36	24,6	0,586
	26	32	-	0,670	24	35	22,8	0,635

Tab. 4 - Tabella riassuntiva dei dati rilevati per il taglio**

STAZIONI	4 ^a settimana di agosto				1 ^a settimana di settembre			
	T °C	U.R. %	Pressione (bar)*	POD (U/g)	T °C	U.R. %	Pressione (bar)	POD (U/g)
1- Abbazia S. Antonio di Ranverso (+)	21	58	11,5	1,830	20	60	12,2	1,780
	21	58	16,8	3,530	20	60	13,5	3,050
	21	58	14,7	2,870	21	60	15,2	2,780
6- Cimitero Rivoli (v. Susa) (++)	20	58	16,8	n.r.	21	58	15,3	4,100
	20	58	18,2	n.r.	20	58	17,5	3,870
	20	58	19,6	n.r.	20	58	19,2	3,725
8- Piazza centrale di Rivoli (++)	21	58	-	3,210	19	60	17,3	3,350
	21	58	-	4,550	21	60	18,1	4,320
	21	58	-	3,920	21	60	15,6	4,200
9- C.so Francia, sotto tangenziale (+++)	22	56	-	11,110	23	55	19,1	10,760
	22	56	-	8,380	22	54	17,6	9,700
	22	56	-	9,170	22	54	18,3	9,000

Tab. 5 - Tabella riassuntiva dei dati rilevati per il carpino**

STAZIONI	4 ^a settimana di agosto				1 ^a settimana di settembre			
	T °C	U.R. %	Pressione (bar)*	POD (U/g)	T °C	U.R. %	Pressione (bar)	POD (U/g)
5- Parco USL 24 Grugliasco (+)	21	55	-	0,074	22	57	-	0,066
	21	55	-	0,075	21	57	-	0,060
	21	55	-	0,071	21	57	-	0,071
6- Cimitero Rivoli (v. Susa) (++)	20	58	-	0,084	18	55	-	0,088
	20	58	-	0,076	18	55	-	0,074
	20	58	-	0,101	19	56	-	0,089
7- C.so Francia, ang. v. Novalesia (+++)	22	56	-	0,089	21	56	-	0,088
	22	56	-	0,110	21	57	-	0,100
	22	56	-	0,110	21	56	-	0,115

* I valori di pressione sono riportati in valore assoluto.

** Stazioni poco (+), mediamente (++) e molto (+++) esposte al traffico veicolare.

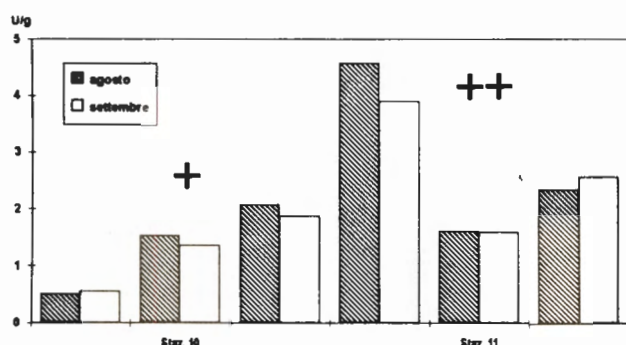


Fig. 1 - Unità enzimatiche di POD per grammo di peso fresco di foglie di bagolaro*

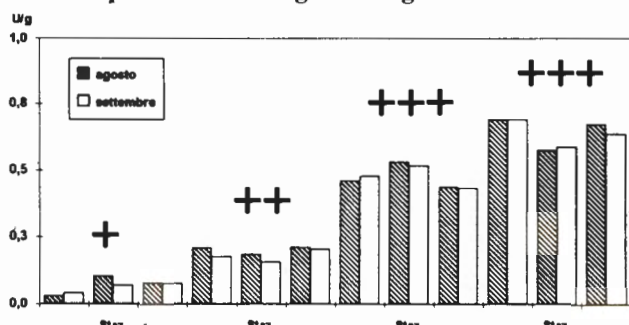


Fig. 2 - Unità enzimatiche di POD per grammo di peso fresco di foglie di robinia*

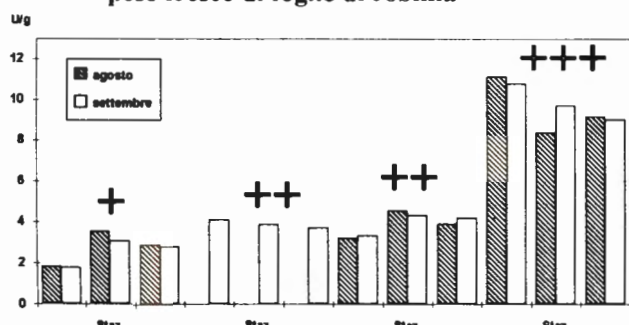


Fig. 3 - Unità enzimatiche di POD per grammo di peso fresco di foglie di tiglio*

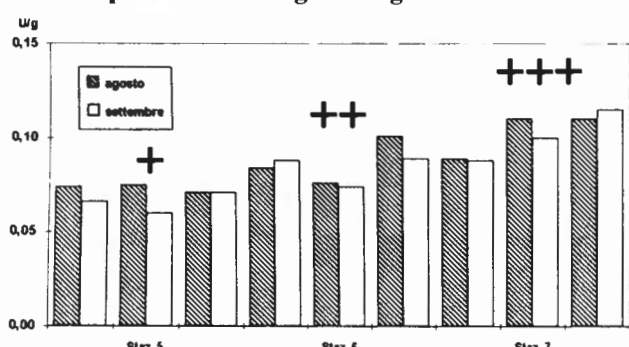


Fig. 4 - Unità enzimatiche di POD per grammo di peso fresco di foglie di carpino*

* Stazioni poco (+), mediamente (++) e molto (+++) esposte al traffico veicolare.

dati sperimentali potrà confermare tale ipotesi.

Tutte le informazioni disponibili sullo stato fisiopatologico delle piante devono concorrere a validare il dato di POD. Ben note sono infatti le conseguenze di condizioni di stress di origine biotica ed abiotica sui processi metabolici delle piante come è ampiamente descritto da MATTA E PENNAZIO (1984). Così, ove si siano presentati valori di pressione inferiori ai -35 bar o casi di patologia diffusa dovuta a funghi patogeni o attacchi diffusi di funghi patogeni o insetti fitofagi o dove di recente è avvenuto un intervento colturale (ad es. potatura), l'esemplare è stato scartato.

Tuttavia, KELLER (1974) indica che la perossidasi è soprattutto influenzata da valori elevati di U.R., piuttosto che da quelli bassi. Se tale considerazione è da ritenersi valida, allora aumenti di attività in ambiente urbano -caratterizzato da clima più secco- sono da imputare principalmente ad uno stress da inquinamento, piuttosto che idrico. Quindi se i dati di U.R. risultano inferiori nei siti sospetti, la diagnosi con la POD può risultare ancora più attendibile.

La valutazione effettuata rende conto di una frazione temporale che va da aprile ad agosto, cioè dal momento del completamento dello sviluppo fogliare a quello della analisi. Così questo tipo di indicazione basata su un fenomeno naturale è il sunto di un periodo di osservazione abbastanza lungo; si può dire che la pianta conservi, attraverso uno stato di stress prolungato, la "memoria" del danno inflitto dall'inquinamento, adattandosi ad un nuovo stato fisiopatologico (PORRINI, 1990).

4. CONCLUSIONI

La metodica descritta sembra ben promettere per la determinazione delle situazioni di rischio ambientale, permettendo di conseguenza di intervenire sul territorio in fase di prevenzione. I dati di attività della POD nelle foglie delle piante possono costituire una quantificazione dell'impatto non solo sui vegetali ma anche riguardo all'uomo, da confrontare e/o contrapporre a dati puntiformi rilevati su pochi componenti chimici in poche stazioni di rilevamento.

Tra tutte le specie esaminate, il tiglio e la robinia sembrano dare le indicazioni migliori.

Per il monitoraggio nel periodo invernale, in cui è

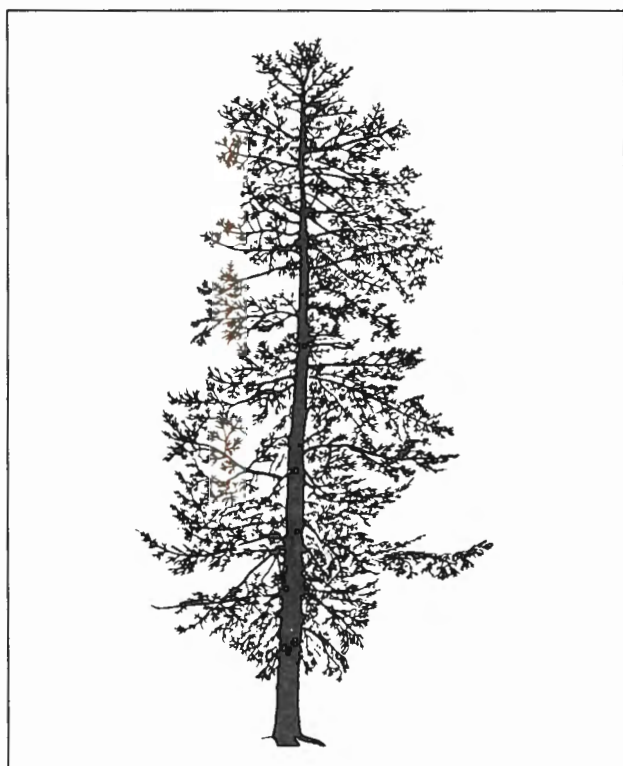
più preoccupante il fenomeno dell'inquinamento da traffico veicolare -causato anche dal ristagno di aria fredda e dalla presenza di nebbia- occorrerà utilizzare piante test sempreverdi, sulle quali sono già in corso appositi "screening".

L'utilizzo di piante di interesse forestale presenti nei parchi e nei viali cittadini sembra quindi poter fornire importanti elementi biologici da integrare con i dati chimici provenienti dalle centraline automatiche di rilevamento dell'inquinamento atmosferico.

Questo tipo di approccio metodologico, inoltre, sembra ben prestarsi alla redazione di mappe di qualità ambientale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano vivamente il Prof. A. Matta, Ordinario di Patologia vegetale e Direttore della Sez. Patologia vegetale (DI.VA.P.R.A.), per i preziosi suggerimenti forniti in fase di impostazione della ricerca e per la revisione critica del testo, nonché i Proff. G.P. Cellerino e N. Anselmi, rispettivamente Ordinario di Patologia vegetale forestale e Associato di Alterazioni del legname (DI.VA.P.R.A.-Sez. Patologia vegetale), per aver cortesemente e puntualmente accompagnato lo svolgimento del lavoro.



BIBLIOGRAFIA

ALFANI A., BARTOLI G., VIRZO DE SANTO A., LOMBARDI M., RUTIGLIANO F., FIORETTO A., GARGIULO E. - 1989. Leaf elemental composition of *Quercus ilex* L. in the urban area of Naples. I. Trace elements. In "Man and the Environment", The plant components in anthropic systems, *S.B.I. Working Group on Ecology*, Rome, 24 ott.

ANGELINI R., FEDERICO R. - 1989. Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall. *J. Plant Physiol.*, vol 135: 212-217.

ANGELINI R. - 1983/1986. Aspetti fisiologici del catabolismo delle poliamine negli organismi vegetali. *Tesi di Dottorato in Biologia Evoluzionistica*.

BECKER K.H., BROCKMAN K.J., BECHARA J. - 1990. Production of hydrogen peroxide in forest air by reaction of ozone with terpenes. *Nature* 346: 256-258.

BOYER J.S. - 1969. Measurement of the water status of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20: 351-364.

BURRIS R.H. - 1960. Hydroperoxidases (peroxidases and catalases). In: *Encycl. Pl. Physiol.*, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg, XIII/I: 365-400.

CADENAS E. - 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. *Annu. Rev. Biochem.* 58: 79-110.

CAMUFFO D., BERNARDI A., BACCI P., NOVO A., ONGARO A. - 1988a. Aspetti chimico-fisici del trasporto transfrontaliero di inquinanti atmosferici in un valico delle Alpi Orientali. *Atti Conv. "L'inquinamento atmosferico e il suo impatto sull'ambiente"*, Sep. Pollution, Padova: 87-108.

CAMUFFO D., BERNARDI A., ONGARO A., BACCI P., NOVO A. - 1988b. Condizioni meteorologiche favorevoli al trasporto di inquinanti atmosferici attraverso il passo del Brennero. *Atti Conv. "Trasporto transfrontaliero di inquinanti atmosferici e stato dell'ambiente in zona alpina"*, Bressanone 27-28 ott., 32 pp.

CANIGLIA G., BUSNARDO A., LUCHESCHI E., DE BENETTI M. - 1988. Licheni epifiti, bioindicatori di inquinamento atmosferico in Val di Isarco (BZ). *Atti Conv. "L'inquinamento atmosferico e il suo impatto sull'ambiente"*, Sep. Pollution, Padova: 333-338.

- CANIGLIA G., DE BENETTI M., BUSNARDO A., LUCHESCHI E. - 1988. La vegetazione lichenica epifita, indice ambientale in Valle Isarco (BZ). *Thalassia Salentina*, Lecce, 18.
- CASTILLO F.J. - 1986. Extracellular peroxidases as markers of stress? In "Molecular and physiological aspects of plant peroxidases". H. Greppin, C. Penel, Th. Gaspar (eds.) *University Geneva*, Switz.
- CASTILLO F.J., MILLER P.R., GREPPIN H. - 1987. Extracellular biochemical markers of photochemical oxidant air pollution damage to Norway spruce. *Experientia* 43: 111-115.
- DECLERE M., DE CAT W., DE TEMMERMAN L., BAETEN H. - 1984. Modifications de l'activité des peroxidases, catalase et superoxide dismutase dans des feuilles d'épinard traité à l'ozone. *J. Plant Physiol.* 116: 147-152.
- FRY S. - 1986. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 37: 165-186.
- GALSTON A.W., LAVEE S., SIEGEL B.Z. - 1968. The induction and repression of peroxidase isoenzymes by 3-indoloacetic acid. In "Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances. Wighman F., Setterfield G. (eds.), Runge, Ottawa: 455-472.
- GODZIK S. - 1967. Polyphenol oxidase activity in vegetation injured by industrial air pollution. *Biul. Zakl. Badan Nauk., GOP PAN* 10: 103-114.
- HARPER D.B., HARVEY B.M.R. - 1978. Mechanism of paraquat tolerance in perennial ryegrass. II. Role of superoxide dismutase, catalase and peroxidase. *Plant, Cell Environ.* 1: 211-215.
- KAUPPI M., MIKKONEN A. - 1980. Floristic versus single species analysis in the use of epiphytic lichens as indicators of air pollution in boreal forest region. *Flora* 169: 255-281.
- KELLER T. - 1974. The use of peroxidase activity for monitoring and mapping air pollution areas. *Eur. J. For. Path.* 4: 11-19.
- LAMPORT D.T.A. - 1986 - Roles of peroxidase in cell wall genesis. In H. Greppin, C. Penel, Th. Gaspar (eds.) *University Geneva*, Switz.
- LANGERBARTELS C., FUHRER G., HACKL B., HELLER W., KLOOS M. et alii - 1989. Dose-dependent biochemical reactions of Norway spruce to oxone fumigation. In "Air Pollution and Forest Decline", ed. J.B. Bucher, I. Bucher-Wallin, Birmensdorf, IUFRO: 466-469.
- LEBLANC F., DE SLOOVER J. - 1970. Relation between industrialization and distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.* 48: 1485-1496.
- LEE C.J., MILLER G.W., WELKIE G.W. - 1966. The effects of hydrogen fluoride and wounding on respiratory enzymes in Soybean leaves. *Int. J. Air Pollut.* 10: 169.
- MANES F., ALTIERI A., BOFFA A., BRUNO F., FEDERICO R. - 1987. Early diagnosis of injuries in *Pinus pinaster* AITON treated with simulated acid rain. *Ann. Bot.* 45: 71-79.
- MANES F., ALTIERI A., BRUNO F., TRIPODO P. - 1989. Plants as monitor of environmental pollution in the urban system of Rome. In "Man and Environment", The plant components in anthropic systems, *S.B.I. Working Group on Ecology*, Rome 24 ott.
- MANES F., FEDERICO R., BRUNO F. - 1986. Peroxidase activity in *Nicotiana tabacum* L. treated with simulated acid rain. *Phytopath. Medit.* 25: 76-79.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE - 1992. Relazione sullo stato dell'ambiente. Ed. *Ist. Poligrafico e della Zecca dello Stato*.
- MATTA A., PENNAZIO S. - 1984. Elementi di Fisiopatologia Vegetale. *Pitagora Editrice*, Bologna, 311 pp.
- NYLANDER W. - 1866. Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 13: 364-372.
- PIERVITTORI G., MONTACCHINI F. - 1980/81. Regressione della presenza lichenica in zone montane per effetto della progressiva urbanizzazione. *Bardonecchia, Al-lionia* 24: 139.
- PORRINI C. - 1990. Gli indicatori biologici. *Le Scienze - Quaderni. Ecosistemi*, 53.
- SIEGEL S.M. - 1955. The biochemistry of lignin formation. *Physiol. Plant* 8: 20-32.