

FABRIZIO MERLO

LICHENI E BIOMONITORAGGIO DELL'ARIA AD ENNA (SICILIA)

RIASSUNTO

Per la prima volta, nell'Italia mediterranea si applica un metodo che utilizza i licheni come bioindicatori della qualità dell'aria. L'area studiata è quella del territorio cittadino di Enna. Mediante il calcolo di un indice biotico (Index of Atmospheric Purity - I.A.P.) si produce una carta delle isolinee di inquinamento. Vengono distinte cinque zone, ciascuna delle quali rappresenta diversi valori di I.A.P. Si evince che il centro storico è la zona urbana con un più intenso inquinamento dell'aria. I risultati evidenziano che anche in Sicilia i licheni sono utilizzabili come bioindicatori.

SUMMARY

Lichens and air quality monitoring in the city of Enna (Sicily, Italy). Only a few investigations were carried out in southern Italy using lichens as indicators of air pollution. The aim of this study is to test the utilization of such an approach in the southern part of the Mediterranean region. The study site is the town of Enna, a town located in the centre of Sicily. A I.A.P. (Index of Atmospheric Purity) was estimated in 18 stations and a map, which was divided into five zones showing the isolines of pollution, was drawn. The most polluted zone was the historical centre. The results show that, also in Sicily, lichens are suitable to verify atmospheric pollution gradients.

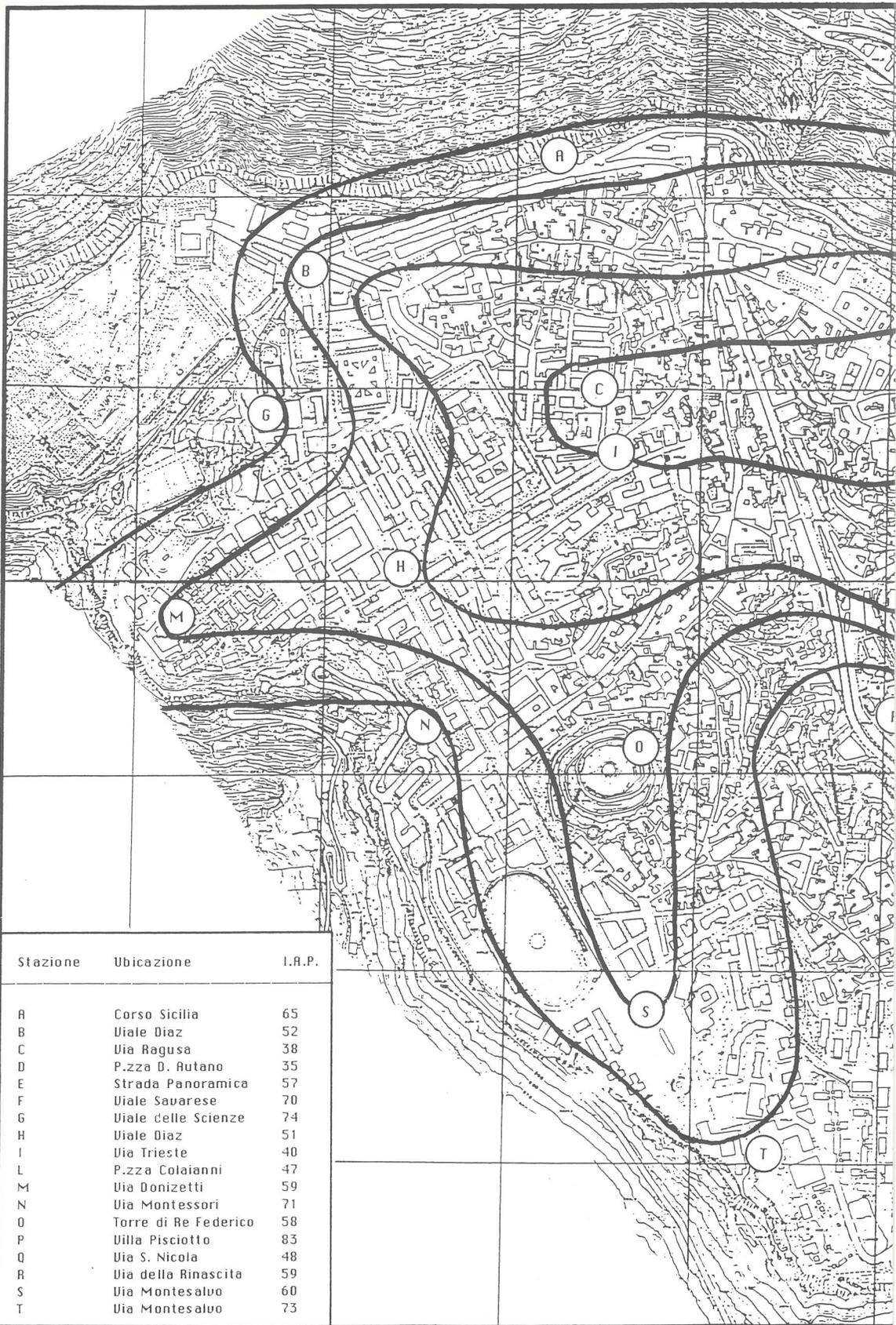
INTRODUZIONE

Per la misurazione della concentrazione dei vari inquinanti si fa uso di strumenti particolarmente sofisticati e si applicano sistemi sempre più accurati. Tuttavia, l'uso di complesse attrezzature automatizzate (centraline) e la

messa a punto di analisi fisiche e chimiche che assicurino la massima affidabilità non risolvono ancora il problema del monitoraggio dell'inquinamento. Infatti, l'elevato costo delle attrezzature necessarie e la difficoltà di mettere a punto una corretta strategia di campionamento comportano, di conseguenza, una insufficiente quantità di misurazioni sia nello spazio, sia nel tempo. L'inquinamento, ed in particolare quello dell'aria, va correttamente studiato su basi statistiche. Per valutare poi la situazione ambientale di un'area più vasta, per estendere cioè a zone contigue i dati ottenuti per mezzo delle strumentazioni di rilevamento puntiforme, ci si affida spesso a elaborazioni matematiche che prevedono l'utilizzazione di modelli di diffusione e di dispersione. Sebbene l'impiego di questi modelli abbia una sua effettiva importanza e contribuisca non poco allo studio dell'inquinamento, va tuttavia osservato che i parametri da cui dipendono la diffusione e la dispersione degli inquinanti sono assai mutevoli. Qualsiasi sostanza tossica venga immessa nell'ambiente ha effetti diretti sugli esseri viventi. Una stima della qualità dell'aria può allora esser ricavata dalla risposta che le popolazioni animali e vegetali, per talune loro caratteristiche peculiari, possono fornire nel merito dei diversi contaminanti, ossia con il cosiddetto monitoraggio biologico. Per una valutazione globale della qualità dell'aria i metodi che hanno mostrato maggiore affidabilità si basano sui licheni. I licheni, ed in particolare quelli epifiti, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'ambiente, in quanto, per il loro metabolismo, dipendono in prevalenza dall'aria, mostrano di sopportare alte concentrazioni di inquinamenti per brevi periodi, mentre hanno la capacità di evidenziare una lunga esposizione a basse concentrazioni. La finalità del presente studio è rivolta a verificare la possibilità di utilizzare i licheni quali bioindicatori della qualità dell'aria nell'ambito della regione mediterranea.

CENNI STORICI

L'esistenza di una correlazione fra licheni ed inquinamento atmosferico fu rilevata per la prima volta dal botanico inglese L.H. GRINDON (1859) e da quello finlandese W. NYLANDER (1866). Bisogna però aspettare la fine degli anni '50 per avere un forte incremento di pubblicazioni scientifiche su questo tema (per una sintesi dei problemi vedi NIMIS, 1990; RICHARDSON, 1992). Vari approcci sono stati sviluppati verso l'uso dei licheni quali bioindicatori dell'inquinamento atmosferico, dai più semplici basati sulla presenza, frequenza e copertura di alcune specie, all'elaborazione di scale qualitative basate sulla diversa poleotolleranza di alcune comunità, fino all'uso di modelli matematici che permettano di quantificare l'informazione fornita tramite valutazioni



Stazione	Ubicazione	I.R.P.
A	Corso Sicilia	65
B	Viale Diaz	52
C	Via Ragusa	38
D	P.zza D. Autano	35
E	Strada Panoramica	57
F	Viale Savarese	70
G	Viale delle Scienze	74
H	Viale Diaz	51
I	Via Trieste	40
L	P.zza Colaanni	47
M	Via Donizetti	59
N	Via Montessori	71
O	Torre di Re Federico	58
P	Villa Pisciotto	83
Q	Via S. Nicola	48
R	Via della Rinascita	59
S	Via Montesalvo	60
T	Via Montesalvo	73



CARTA DELLE ISOLINEE DI INQUINAMENTO DELLA CITTA' DI ENNA *

Riferimento cartografico I.G.M. Foglio 268 I S.O. Enna

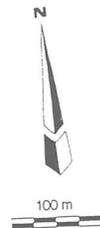
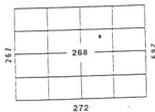
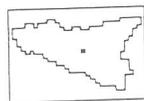
Coordinate geografiche : 37° Latitudine N. Greenw.
14° Longitudine E. Greenw.

Superficie 2.300.000 mq

Quota media m. 948 s.l.m.

Precipitazione media annua 722,4 mm.

Temperatura media annua 13,5°C



I.A.P. (Index of Atmospheric Purity)



*) Elaborata dalla sommaroria della frequenza delle specie licheniche secondo un'estrapolazione del metodo Ammann

numeriche. L'Index of Atmospheric Purity (I.A.P.) proposto da DE SLOOVER (1964) fornisce una valutazione quantitativa del livello di inquinamento atmosferico basandosi sul numero, sulla frequenza e sulla tolleranza delle specie licheniche presenti nell'area considerata. La formula originaria di LE BLANC & DE SLOOVER (1970) è la seguente:

$$\text{I.A.P.} = \frac{n}{100} * \sum Q * f_i$$

dove n = numero di specie presenti nel rilievo, Q = fattore di tossitolleranza, f_i = combinazione della frequenza e della copertura della specie i-esima.

Recenti studi condotti da un'équipe del Systematisch Geobotanisches Institut dell'Università di Berna (Svizzera) diretta dal Prof. Klaus Ammann (AMMANN *et al.*, in stampa; HERZIG *et al.*, 1987; LIEBENDORFER *et al.*, 1988, etc.) hanno messo a punto una metodologia articolata su diversi parametri lichenici, ma indipendente dalle specie, così da potere essere applicabile senza limitazioni geografiche, saggiando la predittività di 20 diverse formule di I.A.P. contro dati diretti ottenuti da centraline automatiche di rilevamento, e con test di regressione multipla lineare; la formula che ha presentato la correlazione massima con i dati di inquinamento è una delle più semplici, in quanto si limita alla semplice somma delle frequenze di tutte le specie presenti entro un reticolo di rilevamento composto di 10 unità di misura standard:

$$\text{I.A.P.} = \sum f$$

In Italia, la nascita della Società Lichenologica Italiana (S.L.I.) nel 1986 dà nuovo impulso alla lichenologia, che era entrata in crisi dopo la riforma universitaria seguita alla unificazione del paese nel 1860 (NIMIS, 1989). Si intensificano quindi anche in Italia gli studi sull'utilizzazione dei licheni come indicatori biologici, in particolare dell'inquinamento atmosferico (NIMIS & TRETACH, 1987; CANIGLIA *et al.*, 1988; BARGAGLI *et al.*, 1987; PIERVITTORI *et al.*, 1989; NIMIS *et al.*, 1991; GASPARO *et al.*, 1989; etc.). Tali studi sono stati finora condotti in regioni del nord e centro Italia ed il presente contributo, per quanto è a mia conoscenza è il primo condotto nei territori compresi nell'Italia meridionale.

AREA DI STUDIO

È stata scelta la città di Enna in quanto questa si presta bene per le proprie caratteristiche agli scopi prefissi. Infatti Enna, piccola città del centro della Sicilia, sorge su una rocca isolata. La città registra una elevata densità di popolazione e quindi un elevato ritmo di tutte quelle attività che a questa

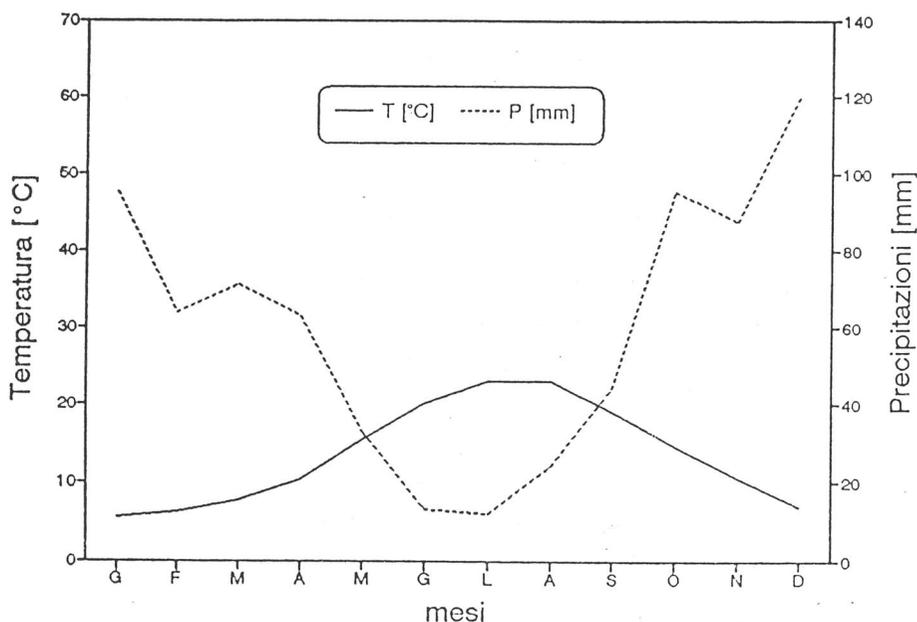


Fig. 1 — Diagramma ombrotermico della città di Enna sui valori mensili di temperatura e precipitazioni medie per il trentennio 1957-1986 costruito secondo Bagnouls & Gaussen (1957) dai dati della stazione meteorologica di Enna.

condizione sono legate (un alto numero di scuole e di uffici, molte attività commerciali, un intenso traffico etc.). La sua struttura è, quindi, quella tipica dei nuclei urbani con un centro storico poco popolato, ma dove si svolgono le più importanti attività pubbliche e commerciali, ed una periferia più densamente popolata, ma con minori attrattive. Nella città non vi è presenza di industrie, ma di piccole attività, per lo più legate al commercio e non alla produzione. Il traffico si concentra su poche arterie principali fra le quali quelle del centro storico, che per evidenti problemi architettonici, essendo di modeste dimensioni si rivelano insufficienti alle esigenze della città stessa. Il territorio su cui sorge la città è compreso nel gruppo dei Monti Erei e ricade nella carta I.G.M. 1: 25.000, Foglio 268 quadrante I, S-O, Enna. Esso ha caratteristiche climatico-morfologiche di tipo montano sviluppandosi alla quota media di m. 948 s.l.m., tale da farne il più alto capoluogo di provincia d'Italia. La città copre una superficie di circa 2,30 km². Si tratta di un'area soggetta ad un clima caratterizzato da una temperatura media annua di 13,5°C e da una piovosità media annua di 722,4 mm di pioggia distribuiti in 77 giorni piovosi secondo i dati relativi al trentennio 1957-1986, rilevati dalla Stazione meteorologica di Enna e tratti dagli Annali Idrologici dell'Assessorato La-

vori Pubblici della Regione Siciliana 1957-1986. Il mese più freddo, referendosi alla media mensile nello stesso trentennio, è gennaio con 5,5°C ed i più caldi sono luglio ed agosto con 22,9°C. La piovosità è prevalentemente concentrata nel periodo autunno-vernino, con il suo massimo in dicembre con una media di 11,2 giorni piovosi.

Sulla base delle medie mensili, sia della temperatura che della piovosità, relative allo stesso periodo di osservazione ed alla stessa stazione meteorologica si è costruito il diagramma ombrotermico (Fig. 1). Il periodo secco è di quattro mesi (maggio-agosto), pertanto il clima può essere definito come meso-mediterraneo secondo la tipologia di BAGNOULS & GAUSSEN (1957).

MATERIALI E METODI

La ricerca effettuata nel territorio della città di Enna è stata suddivisa in tre fasi:

1) *Studio del territorio ed individuazione dei punti di campionamento.*

La scelta della strategia di campionamento da seguire è sicuramente una delle fasi più delicate dello studio. I sopralluoghi in città non hanno evidenziato nessuna presunta fonte di inquinamento particolare; si è quindi preferito procedere con un campionamento «random». Si sono allora cercati, nel territorio cittadino, il maggior numero possibile di alberi su cui rilevare la frequenza. Tale ricerca ha offerto non pochi problemi sia per il basso numero di alberi presenti in città, sia perché la maggioranza di specie arboree presenti non si presta all'applicazione del metodo in quanto le caratteristiche fisico-chimiche delle loro cortecce influenzano negativamente lo sviluppo della flora lichenica (BARKMAN, 1958). La scelta dei substrati da utilizzare è stata, per quanto detto, obbligata, e ci si è serviti di diverse specie arboree quali *Robinia pseudo-acacia* L., *Ailanthus glandulosa* Des., *Ulmus campestris* L., *Fraxinus excelsior* L., tutte a corteccia neutro basica. Il numero dei rilievi si è dovuto limitare a 18. L'esiguo numero di punti di campionamento riduce sicuramente l'affidabilità dei risultati. Bisogna comunque considerare che l'area di studio ha una superficie limitata e che ciò che si vuole evidenziare sono indicazioni di massima necessarie per un ulteriore approfondimento con opportune strumentazioni analitiche.

2) *Rilevamenti della frequenza in ogni stazione con la formula I.A.P. = Σf .*

Per ogni stazione è stato effettuato un solo rilievo della frequenza, anche se sarebbe stato opportuno trarre i risultati medio-aritmetici da più rilievi, al fine di ottenere dati meno approssimativi per la riduzione dei prevedi-

bili errori, cosa che si è resa impossibile a causa della scarsa quantità di alberi esistenti su cui potere rilevare la frequenza.

Il materiale, raccolto in diversi sopralluoghi, è stato successivamente identificato in laboratorio utilizzando le chiavi analitiche di POELT, (1969); OZENDA & CLAUZADE, (1970); WIRTH, (1980); CLAUZADE & ROUX, (1985); NIMIS, (1987).

Il reticolo usato (delle dimensioni di 50 × 40 cm, suddiviso poi in 10 sottoree di 10 × 20 cm) è stato posizionato sul tronco a circa 150 cm d'altezza, sul versante dove maggiore era la copertura lichenica.

In Tabella 1 sono riportate le indicazioni di tutti i rilievi (diversificati con lettere dell'alfabeto), riguardanti la localizzazione degli alberi, le specie arboree su cui è stata rilevata la frequenza, la circonferenza del tronco, e l'esposizione del reticolo. In tre rilievi (C,Q,S), essendo il diametro del tronco di misura troppo ristretta rispetto alle dimensioni del reticolo, è stata rilevata la frequenza su mezzo reticolo ed è stato poi moltiplicato per due il valore ottenuto, in modo da stabilire un I.A.P. rapportabile a quello ottenuto negli altri rilievi a totale campo reticolare.

Tab. 1

Ubicazione dei rilievi, specie arboree su cui si è rilevata la frequenza, circonferenza del tronco ed esposizione del reticolo.

Rilievo	Località	Specie arborea	Circonferenza tronco (cm)	Esposizione reticolo
A	C.so Sicilia	<i>Ailanthus glandulosa</i>	75	NE
B	Viale Diaz	<i>Ulmus campestris</i>	147	N
C	Via Ragusa	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	46	NE
D	P.zza D. Autano	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	106	SO
E	Strada Panoramica	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	110	N
F	Viale Savarese	<i>Fraxinus excelsior</i>	84	SO
G	Viale delle Scienze	<i>Fraxinus excelsior</i>	107	SO
H	Viale Diaz	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	75	NE
I	Via Trieste	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	80	E
L	P.zza Colaianni	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	66	E
M	Via Donizzetti	<i>Fraxinus excelsior</i>	143	NO
N	Via Montessori	<i>Fraxinus excelsior</i>	90	NO
O	Torre di Re Federico	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	130	O
P	Villa Pisciotto	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	81	N
Q	Via S. Nicola	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	65	N
R	Via della Rinascita	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	110	N
S	Via Montesalvo	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	43	NE
T	Via Montesalvo	<i>Ailanthus glandulosa</i>	115	NE

Per il riconoscimento in campo è stato predisposto un erbario di riferimento, depositato presso l'autore, ed un insieme di fotografie delle specie prese in considerazione, all'uopo fatte in laboratorio dal materiale precedentemente raccolto in campo, allo scopo di facilitare comparativamente gli ulteriori analoghi riconoscimenti nel corso dei rilievi successivi.

3) Elaborazione della carta tematica

Per l'elaborazione della carta delle isolinee di inquinamento si sono estrapolati i dati ottenuti con il rilievo delle frequenze. Non disponendo di un software adatto, è stato necessario fare un tracciato manuale assumendo che esistesse una linearità dell'andamento del gradiente fra i diversi siti dove è stato rilevato l'I.A.P., e unendo poi gli ipotetici punti con uguale valore. Tale assunto, che deve necessariamente ritenersi approssimativo, è stato tuttavia utilizzato considerando che l'inquinamento della città di Enna, in misura primaria, è imputabile ai gas di scarico delle autovetture, la cui presenza è uniformemente rilevabile in tutto il territorio studiato. Infatti, sebbene le strade del centro urbano siano attraversate da un numero di autovetture minore rispetto all'agglomerato periferico, la città di Enna, come tutti i comuni medioevali ad elevata ubicazione, è strutturata in maniera da restare protetta dall'impeto dei venti. Ciò comporta un lento ricambio dell'aria con conseguente ristagno dei gas tossici nel centro storico.

RISULTATI

La flora lichenica epifita è risultata costituita da 20 taxa. La lista delle specie, la loro frequenza nelle 18 stazioni e gli I.A.P. rilevati sono riportati in Tabella 2. Da un punto di vista fitosociologico la vegetazione lichenica epifita dell'area di studio appare ricca di specie legate all'alleanza dello *Xanthorion parietinae* ed alla suballeanza del *Physcion ascendentis*. La forma di crescita, l'areale, la percentuale delle stazioni in cui si sono rinvenute le specie e gli indici ecologici secondo WIRTH (1980) e modificati da NIMIS *et al.* (1987), relativi al grado di acidofilia, di nitrofilia, di igrofilia e di fotofilia sono riportati in Tabella 3. Due specie (*Lecanora saligna* var. *sarcopis* e *Xanthoria parietina*) sono presenti in tutti i rilievi, mentre quattro (*Lecania cyrtella*, *Physcia semipinnata*, *Physconia distorta*, e *Ramalina fastigiata*) sono presenti soltanto in uno. Maggiormente rappresentati sono i licheni crostosi (13) rispetto i foliosi (6) ed il solo fruticoso (*Ramalina fastigiata*). Prevalgono specie tendenzialmente neutrofile, nitrofile, fotofile e piuttosto xerofile. Soltanto *Lecanora pallida*, presente in tre rilievi (A, D, E), è indicata da WIRTH (1980) come moderatamente acidofila, anitrofila, sciafila, scostandosi dalle caratteristiche delle altre specie presenti.

Tab. 2

Frequenza delle specie rinvenute nelle rispettive stazioni ed I.A.P. rilevati. Nelle stazioni asteriscate è stato rilevato soltanto mezzo reticolo (vedi testo).

Specie	RILIEVO																	
	A	B	C*	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q*	R	S*	T
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrhrt. ex Hedw.) Th. Fr.	3	*	1	3	*	3	8	10	5	1	*	7	*	3	*	4	4	3
<i>Caloplaca flavobescens</i> (Huds.) Laund.	*	*	*	*	*	*	5	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*
<i>Caloplaca haematites</i> (Chaub. ex St. Am.) Zw.	*	*	*	*	*	*	2	*	*	*	*	2	*	3	*	*	1	*
<i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm.) Wade	1	1	2	*	*	4	9	10	3	5	3	3	*	*	5	*	3	10
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lett.	6	9	1	2	7	6	5	*	1	*	3	*	6	5	1	1	*	1
<i>Candelariella vitellina</i> (Ehrhrt.) Müll. Arg.	8	10	2	*	9	4	2	2	4	10	4	10	*	10	1	*	3	1
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*	*
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	*	*	*	3	7	*	7	*	*	2	*	3	*	2	1	*	*	2
<i>Lecanora pallida</i> (Schreb.) Rabenh.	4	*	*	4	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Lecanora saligna</i> var. <i>sarcopsis</i> (Ach.) Hilmm.	7	10	3	1	1	7	7	10	4	3	7	9	6	10	2	10	4	3
<i>Lecanora sienae</i> B. de Lesd.	6	*	*	3	3	8	4	*	*	2	3	8	6	4	3	10	3	8
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Choisy	5	*	*	3	10	7	9	1	*	4	2	9	7	10	*	5	1	7
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) Oliv.	7	*	*	*	*	3	*	*	*	*	8	*	6	7	*	8	*	8
<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr.	1	8	5	3	8	10	6	*	4	6	7	8	8	5	1	9	1	10
<i>Physcia orbicularis</i> (Necker) Poetsch	7	4	*	7	*	8	1	8	8	7	8	2	9	7	5	2	5	6
<i>Physcia semipinnata</i> (Gmel.) Moberg	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	*	*	*	*
<i>Physconia distorta</i> (With) Laund.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4
<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	*	*	*	*
<i>Rinodina pyrrena</i> (Ach.) Arnold	*	*	1	*	*	*	*	*	*	*	4	*	*	*	1	*	*	*
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	10	10	4	6	3	10	9	10	9	7	10	10	10	10	3	10	5	10
I.A.P.	65	52	19	35	57	70	74	51	40	47	59	71	58	83	24	59	30	73

Tab. 3

Forme di crescita, areali (arct = artico; bor = boreale; med = mediterraneo; mieur = centroeuropeo; s'med = submediterraneo; s'mieur = sudcentroeuropeo), indicati ecologici (A = acidofilia; N = nitrofilia; L = fotofilia; secondo Wirth, 1980, modificati da Nimis, 1987) e percentuale delle stazioni in cui le specie si sono rinvenute.

Specie	Forma di crescita	Areale	A	N	H	L	%
<i>Catoplaça cerina</i> (Ehrht. ex Hedw.) Th. Fr.	crostoso	bor-med	4-5	3-4	5	4	72
<i>Catoplaça flavorubescens</i> (Huds.) Laund.	crostoso	bor-med	5	1-2	2	3-4	11
<i>Catoplaça boematites</i> (Chaub. ex St. Am.) Zw.	crostoso	smed-med	4-5	3-4	5	4	28
<i>Catoplaça holocarpa</i> (Hoffm.) Wade	crostoso	arct-med	5-7	3-4	5	4	72
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lett.	crostoso	mieur-med	3-4	3-4	4	3-4	78
<i>Candelariella vitellina</i> (Ehrht.) Müll. Arg.	crostoso	arct-med	2-4	2-4	5-6	4-5	83
<i>Lecanora cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	crostoso	s'bor-med	5	3	2-4	4	6
<i>Lecanora chlorotera</i> Nyl.	crostoso	s'bor-med	4-5	1-4	3-5	1-2	44
<i>Lecanora pallida</i> (Schreb.) Rabenh.	crostoso	s'bor-med	3	1	1-2	1-4	17
<i>Lecanora saligna</i> var. <i>sarcopsis</i> (Ach.) Hilmm.	crostoso	bor-med	3-4	4-5	5-6	4	100
<i>Lecanora sienae</i> B. de Lesd.	crostoso	s'mieur-med	3-5	3-5	4-5	4	78
<i>Lecidella elaeobroma</i> (Ach.) Choisy	crostoso	arct-med	2-5	1-4	3-5	1-2	78
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) Oliv.	folioso	bor-med	4-7	2-4	4-5	4-5	39
<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr.	folioso	s'mieur-med	5-8	2-4	5-6	4-5	94
<i>Physcia orbicularis</i> (Necker) Poetsch	folioso	bor-med	3-7	3-5	3-5	3-4	89
<i>Physcia semipinnata</i> (Gmel.) Moberg	folioso	s'mieur-med	4-7	2-4	4-5	4-5	6
<i>Physcomia distorta</i> (Wirth) Laund.	folioso	s'bor-med	5-8	1-4	4-6	4-5	6
<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	fruticoso	s'bor-med	3-6	1-3	2-3	4-5	6
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	crostoso	s'bor-med	4-5	1-2	4	4	17
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	folioso	bor-med	5-8	1-4	6	4-5	100

La differente copertura è risultata evidente nei diversi rilievi, e si è ottenuto il valore massimo di I.A.P. nel rilievo P (83) ed il minimo nel rilievo D (35). In quest'ultimo, e nei rilievi C ed I i talli, di piccole dimensioni, mostrano chiari segni di sofferenza con ampie zone di necrosi. Situazione ben diversa si ha nel rilievo P dove la copertura è prossima al 100%.

In cartografia sono state indicate cinque fasce numerate da 1 a 5, ciascuna delle quali rappresenta i diversi valori di I.A.P.:

fascia 1: valori di I.A.P. inferiori a 40. Rappresenta la zona maggiormente soggetta ad inquinamento ed interessa parte del centro storico;

fascia 2: valori di I.A.P. compresi tra 40 e 50. Interessa la restante parte del centro storico esclusa una piccola zona ad est;

fascia 3: valori di I.A.P. compresi tra 50 e 60. Interessa ad est il centro storico, ad ovest ed a sud quartieri di recente costruzione, densamente popolati e soggetti ad un intenso traffico veicolare;

fascia 4: valori di I.A.P. compresi tra 60 e 70. Questa è una piccola fascia che lambisce talvolta il bordo della rocca;

fascia 5: valori di I.A.P. superiori a 70. Interessa a sud un grande quartiere popolare di nuova concezione ed a ovest il cimitero.

CONCLUSIONI

I risultati dell'indagine condotta ad Enna evidenziano che anche in Sicilia i licheni sono utilizzabili con risultati soddisfacenti per verificare il gradiente di inquinamento. Per quanto i dati non siano estrapolabili dal contesto in cui è stato svolto lo studio, ovvero non possono essere confrontabili con indagini simili svolte in altre aree, gli I.A.P. rilevati ad Enna mostrano valori decisamente elevati. Ciò indica che la città è soggetta ad un moderato inquinamento dell'aria e che comunque ne è rilevabile un gradiente.

Ringraziamenti - ringrazio il Prof. Pier Luigi Nimis per la rilettura critica del manoscritto, il Dr. Carlo Violani ed il Dr. Luigi Naselli Flores per i preziosi consigli forniti.

BIBLIOGRAFIA

- AMMANN K., HERZIG R., LIEBENDOERFER L. & URECH M., in stampa — Statistical correlation of deposition data of 8 different air pollutants to Swiss lichen IAP method in Biel and the Swiss plain. — (Manoscritto).
- BAGNOULS F. & GAUSSEN H., 1957 — Les climats biologiques et leur classification. — *Ann. Geogr.*, 66: 193-220.
- BARGAGLI R., IOSCO F.P. & D'AMATO M., 1987 — Zonation of trace metals accumulation in three species of epiphytic lichens belonging to the genus *Parmelia-Cryptogamie*, *Bryol. Lichenol.*, 8 (4): 331-337.

- BARKMAN J.J., 1958 — Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. — *Van Gorcum and Co.*, Assen. 628 pp.
- CANIGLIA G., BUSNARDO A., LUCHESCHI E. & DEBENETTI M., 1988 — Licheni epifiti, bioindicatori di inquinamento atmosferico in Val d'Isarco (Bz). — *Sep Pollution - città ed ambiente*, Fiera di Padova 10-14 aprile 1988: 333-338.
- CLAUZADE G. & ROUX C., 1958 — Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibro. — *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest.*, N.S., N. spec. 7., 893 pp.
- DE SLOOVER J., 1964 — Végétaux épiphytes et pollution de l'air. — *Rev. Quest. Scientif.*, 25: 531-561.
- GASPARO D., CASTELLO M. & BARGAGLI R., 1989. — Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite i licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata) — *Studia Geobotanica*, 9: 153,250.
- GRINDON L.H., 1859 — The Manchester flora. — *W. White*, London.
- HERZIG R., LIEBENDORFER L. & URECH M., 1987 — Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz: Methoden - Evaluation und Eichung mit wichtigen Luftschadstoffen. — *VDI Berichte*, 609: 619-639.
- LE BLANC F. & DE SLOOVER J., 1970 — Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. — *Can. J. Bot.*, 48: 1485-1496.
- LIBENDOERFER L., HERZIG R., URECH M. & AMMANN K., 1988 — Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten - Indikationmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. — *Staub Reinhaltung der Luft*, 48: 233-238.
- NIMIS P.L., 1987 — I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione. — *Gortania-Atti Museo Friul. Storia Nat.*, 101-220.
- NIMIS P.L., 1989 — La crisi della lichenologia in Italia dalla fine dell'800 ad oggi. In: *F. Pedrotti* (ed.): 100 anni di ricerche botaniche in Italia 1888-1998. — Società Botanica Italiana, Firenze, 397-405.
- NIMIS P.L., 1990 — Air quality indicators and indices: the use of plants as bioindicators for monitoring air pollution. — *Proceedings of the Workshop on Indicators and Indices for Environmental Impact Assessment and Risk Analysis*. Ispra, 15-16 May 1990, 93-126.
- NIMIS P.L. & TRETACH M., 1987 — I licheni nell'area urbana di Roma. — *Unesco - Mab*, 11, rep. 3, 161-168.
- NIMIS P.L., MONTE M. & TRETACH M., 1987 — Flora e vegetazione lichenica di aree archeologiche del Lazio. — *Studia Geobotanica*, 7: 3-161.
- NIMIS P.L., LAZZARIN A. & G., GASPARO D., 1991 — Lichens as bioindicators of air pollution by SO₂ in the Veneto region (NE Italy). — *Studia Geobotanica*, 11: 3-76.
- NYLANDER W., 1866 — Les lichens du jardin du Luxembourg. — *Bull. Soc. Bot. France*, 13: 364-372.
- OZENDA P. & CLAUZADE G., 1970 — Les Lichens. Etude Biologique et Flore Illustrée — *Masson et Cie*, Paris, 801 pp.
- PIERVITTORI R., SAMPÒ S. & MONTACCHINI F., 1989 — Alterazioni micro-strutturali sui microbionti di talli lichenici in aree antropizzate. — *Atti convegno «Uomo e ambiente»*, Roma, 24 ottobre.
- POELT J., 1969 — Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. — *Cramer, Lehre*, 755 pp.
- RICHARDSON D.H.S., 1992 — Pollution monitoring with lichens. — *Naturalists' Handbook*, 19 — Richmond Publishing Co. Ltd, New York.
- Wirth V., 1980 — Flechtenflora. — *Ulmer*, Stuttgart, 552 pp.

Nota presentata nella riunione scientifica del 10.IV.1992