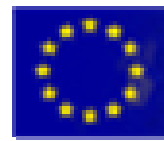




Ministero dell'Istruzione dell'Università e
della Ricerca Direzione Generale Scambi Culturali



COMMISSIONE EUROPEA

Fondo Sociale Europeo
Misura 3 Azione 3.2
Progetto: Una finestra sull'ambiente
Modulo: Sentinelle ambientali



Istituto **P**rofessionale per l'**A**gricoltura e l'**A**mbiente

I.I.S.S. "L.G.M. COLUMELLA"

Sede coordinata - Maglie

Tutore del progetto:

Prof. Angelo Puscio

Esperti:

Proff.ssa Lucia Vincenza De Santis (I.P.S.I.A. "Martinez" - Galatina)

Prof. Pietro Paolo (I.P.A.A. "L.G.M. Columella" - Maglie)

Dott.ssa Cristina Mangia (ISAC-CNR Lecce)

Ing. Ilenia Schipa (ISAC-CNR Lecce)

I ragazzi che hanno partecipato al progetto:

Cantoro Remildo, Coia Andrea, Colazzo Stefania, Damiani Cara Riccardo, De Masi Simone, De Pascali Davide, De Pascali Marco, El Bltagh

Matteo, Lupo Carlo, Malerba Federico, Marsano Giovanni, Marsella Giorgio, Pulimeno Giuseppe, Rini Antonio, Serra Federico, Toma Andrea

Si ringrazia la Provincia di Lecce per aver gentilmente fornito i dati delle stazioni di biomonitoraggio di Lecce e Maglie.

INDICE

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Introduzione.....	pag.3
Fonti di inquinamento.....	pag.4
Effetti sull'uomo e sull'ambiente.....	pag.5
I principali inquinanti atmosferici.....	pag.6

IL BIOMONITORAGGIO MEDIANTE I LICHENI

Introduzione.....	pag.11
I licheni nella valutazione della qualità dell'aria.....	pag.13
Classificazione dei licheni.....	pag.14
I licheni come bioindicatori.....	pag.14
I licheni come bioaccumulatori.....	pag.15

L'ESPERIENZA DI BIOMONITORAGGIO

Introduzione	pag.16
Esperienza sull'uso dei licheni come bioaccumulatori.....	pag.16
Descrizione della centralina di biomonitoraggio.....	pag.16
Analisi dei dati.....	pag.17
Esperienza sull'uso dei licheni come bioindicatori.....	pag.18
Calcolo dell'I.A.P.....	pag.18
Risultati.....	pag.20

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Introduzione

Con il termine generico di inquinamento atmosferico si indica il degrado dell'aria causato dall'immissione di sostanze che ne alterano le naturali caratteristiche chimico-fisiche. Queste sostanze producono effetti sull'essere umano, sulla vegetazione o sui diversi materiali e di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono ad un livello di concentrazione inferiore.



Gli inquinanti vengono generalmente distinti in due gruppi principali: quelli di origine antropica, cioè prodotti dall'uomo, e quelli naturali.

Inoltre i contaminanti atmosferici possono anche essere classificati in primari, cioè liberati direttamente nell'ambiente, e secondari, che si formano successivamente in atmosfera attraverso delle reazioni chimico-fisiche. I principali inquinanti primari sono quelli emessi da processi di combustione di qualsiasi natura, ovvero il monossido di carbonio, il biossido di carbonio, gli ossidi d'azoto, le polveri e gli idrocarburi incombusti. Tali inquinanti sono soggetti a fenomeni di diffusione e trasporto e subiscono trasformazioni chimico-fisiche; di queste ultime particolarmente importante è la serie di reazioni che avvengono fra gli ossidi di azoto (NO_x) e gli idrocarburi in presenza di luce solare. Questa catena di reazioni, infatti, porta alla produzione di ozono (O_3) e di altre specie chimiche anche in fase particellare. L'insieme dei prodotti di tali reazioni è una delle forme di inquinamento più dannose per l'ecosistema ed è nota come smog fotochimico o smog estivo.

Fonti di inquinamento

Come precedentemente sottolineato, l'inquinamento può essere di origine antropica o naturale.

L'inquinamento atmosferico maggiore è quello che l'uomo produce per soddisfare le proprie necessità civili ed industriali. I vari processi di combustione utilizzati per cuocere i cibi, per riscaldarsi, per alimentare i veicoli a motore e i macchinari, producono gli inquinanti più diffusi. L'inquinamento dell'aria di origine antropogenica si sprigiona dalle grandi sorgenti fisse (industrie, impianti per la produzione di energia elettrica ed inceneritori); da piccole sorgenti fisse (impianti per il riscaldamento domestico) e da sorgenti



mobili (il traffico veicolare). Molte di queste sorgenti sono strettamente legate alla produzione ed al consumo di energia, specialmente combustibili fossili.



Anche se è l'inquinamento originato dall'uomo quello che risulta più imputato nel peggioramento della qualità dell'aria, non bisogna dimenticare l'importanza dell'inquinamento di origine naturale. Ci sono molte fonti di inquinanti naturali che spesso assumono più rilevanza delle loro controparti di origine

antropogenica.

Gli inquinanti naturali dell'aria sono sempre stati parte della storia dell'uomo. Le polveri e i vari gas emessi dai vulcani, dagli incendi delle foreste e dalla decomposizione dei composti organici entrano in atmosfera ad intervalli più o meno regolari e in qualche caso a livelli che possono causare degli effetti negativi a carico del clima. In ogni caso bisogna sottolineare che gli inquinanti naturali non rappresentano necessariamente un serio problema come possono esserlo gli inquinanti generati dalle attività umane perché risultano spesso notevolmente meno pericolosi dei composti prodotti dall'uomo e non si concentrano mai sulle grandi città. Le sorgenti naturali di biossido di zolfo comprendono i vulcani, la decomposizioni organiche e gli incendi delle foreste. Le sorgenti naturali di

ossidi di azoto includono i vulcani, gli oceani, le decomposizioni organiche e l'azione dei fulmini.

L'impatto degli inquinanti sull'uomo dipende dalla zona di produzione degli inquinanti e dalla loro dispersione. Le grandi sorgenti fisse, spesso localizzate lontano dai più grandi centri abitati, disperdono nell'aria a grandi altezze, mentre il riscaldamento domestico ed il traffico producono inquinanti che si liberano a livello del suolo in aree densamente abitate. Come conseguenza, le sorgenti mobili e quelle fisse di piccole dimensioni contribuiscono in modo maggiore all'inquinamento dell'aria nelle aree urbane e, di conseguenza, attentano alla salute pubblica molto di più di quanto non si potrebbe supporre facendo un semplice confronto quantitativo fra i vari tipi di emissioni.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'inquinamento atmosferico comporta spesso numerose conseguenze a carico della salute, soprattutto nei casi in cui si verifichi un brusco innalzamento delle concentrazioni dei comuni contaminanti dell'aria (**inquinamento acuto**). In questi casi, l'aumentata esposizione a vari irritanti atmosferici provoca la riduzione della funzionalità polmonare, l'aumento delle malattie respiratorie nei bambini, gli attacchi acuti di bronchite e l'aggravamento dei quadri di asma; il tutto comporta un forte incremento nel numero dei decessi fra le persone più sensibili a determinati inquinanti, come gli anziani o le persone affette da malattie respiratorie e cardiovascolari. L'azione operata dagli inquinanti dell'aria nei confronti dell'ambiente è sotto gli occhi di tutti. Il declino inesorabile del patrimonio animale, forestale ed agricolo, la degradazione degli ecosistemi, i danni provocati alle strutture metalliche, alle opere d'arte, alle pitture, ai fabbricati, ai materiali tessili ed in genere ai diversi materiali usati dall'uomo e per finire la riduzione della visibilità, sono tutti aspetti del complesso problema generato dall'inquinamento operato dall'uomo. Il meccanismo di aggressione operato dagli inquinanti può essere estremamente rapido o prolungato nel tempo, a seconda del gran numero di fattori che possono essere implicati nel fenomeno. Gli inquinanti possono agire a livello locale magari distruggendo un'area boschiva relativamente piccola, oppure possono agire a livello globale, interessando tutte le popolazioni della terra.

I principali inquinanti atmosferici

I composti chimici che causano l'inquinamento dell'aria sono numerosi e con effetti diversificati sulla salute dell'uomo e sull'ambiente urbano. Tra questi i principali sono: il biossido di zolfo (SO_2), gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), l'ozono, il benzene, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le polveri, il piombo e altri metalli pesanti.

Biossidi di zolfo

Le principali sorgenti di biossidi di zolfo (SO_x) sono gli impianti di produzione di energia, gli impianti termici di riscaldamento, alcuni processi industriali e, in minor misura, il traffico veicolare, con particolare riferimento ai motori diesel. C'è anche una fonte naturale di emissione: i vulcani. Gli SO_x possono essere considerati uno dei principali agenti del processo di acidificazione dell'atmosfera, con effetti negativi sia sull'ecosistema sia sui monumenti e i manufatti. Il fenomeno delle piogge acide causa infatti danni ingenti a tutti i monumenti realizzati con la pietra calcarea. In generale negli ultimi anni, in seguito agli interventi operati sulla qualità dei combustibili, l'emissione di questi composti è stata notevolmente ridotta.



Ossidi di azoto

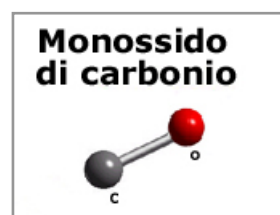


Gli ossidi di azoto (NO_x) si formano principalmente dai processi di combustione che avvengono ad alta temperatura. Le principali sorgenti di ossidi d'azoto (NO_x , NO_2) sono gli impianti di riscaldamento civile e industriale, il traffico autoveicolare, le centrali di produzione di energia ed un ampio raggio di processi industriali (produzione di vetro, calce, cemento, ecc.). Gli ossidi di azoto contribuiscono ai fenomeni di eutrofizzazione, allo smog fotochimico (sono composti che causano la formazione di inquinanti secondari come ozono e particolato fine secondario) e alle piogge acide. Dopo un forte aumento delle emissioni registrato negli anni '90, con conseguente crescita della concentrazione degli

inquinanti e la formazione di smog, il trend delle emissioni è comunque in diminuzione, soprattutto nel settore energetico e nei trasporti. Per quanto riguarda l'ammoniaca (NH₃) le emissioni derivano essenzialmente dalle attività agricole, dallo smaltimento dei rifiuti e dai processi industriali. Il trend generale della produzione si mantiene costante. Si registra però una diminuzione delle emissioni nei processi produttivi, contrapposta da un notevole incremento nel settore trasporti.

Monossido di carbonio

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina, soprattutto funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico urbano intenso e rallentato. Altre sorgenti sono la combustione in impianti di riscaldamento alimentati con combustibili solidi, liquidi e gassosi ed i processi industriali come la produzione dell'acciaio, della ghisa e la raffinazione del petrolio. Il monossido di carbonio, sostituendosi all'ossigeno nei processi della respirazione, può provocare insufficienza respiratorio. I soggetti più a rischio sono i bambini perché il CO tende a depositarsi a livello del terreno.



Ozono



L'ozono è di origine sia antropica che naturale. È un inquinante secondario, cioè non viene emesso direttamente da una o più sorgenti, ma si produce per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV), prodotti in larga parte dai motori a combustione e dall'uso di solventi organici. Il complesso dei fenomeni che porta a elevate concentrazioni di ozono viene denominato "smog fotochimico". L'inquinamento fotochimico è un fenomeno anche transfrontaliero: è possibile infatti che, in particolari condizioni meteorologiche e di emissione, si formino inquinanti fotochimici che vengono trasportati a distanze di centinaia o migliaia di chilometri.

Polveri - PM10

Con il termine PM10 si indica una frazione delle polveri sottili. Più esattamente si tratta di quelle particelle di diametro compreso tra 2,5 e 10 micrometri (un micrometro è 1000 volte più piccolo di un millimetro). Le polveri sottili hanno poi due ulteriori suddivisioni: fini (tra 0,1 e 2,5 micron) e ultrafini (inferiori a 0,1 micron). Queste polveri sono uno dei tanti componenti presenti nei gas emessi dalla combustione dei prodotti derivati dal petrolio e dal carbone. La loro pericolosità, testimoniata da numerosi studi epidemiologici internazionali, deriva proprio dalla dimensione minuta. Particelle così piccole sono capaci di entrare nell'apparato respiratorio, neutralizzando tutte le difese e i tentativi del corpo umano di farle uscire. Una volta entrate nei polmoni possono quindi arrivare, e stazionare a tempo indeterminato, fino al livello degli alveoli polmonari, dove avviene lo scambio di ossigeno e anidride carbonica nel sangue. In questa posizione possono provocare il cancro. Il problema delle polveri PM10 è divenuto di forte attualità negli ultimi mesi anche nelle Marche, a causa delle alte concentrazioni rilevate in particolare nelle città di Pesaro e Fano nel corso della stagione invernale. Per ricondurre la concentrazione delle polveri nell'aria ai valori di legge, si è dovuti ricorrere anche al blocco della circolazione e alle targhe alterne, per limitare almeno una delle fonti di PM10: il traffico veicolare. Il periodo dell'anno compreso tra ottobre e marzo è quello dove vanno a sommarsi i 3 fattori umani responsabili dell'inquinamento atmosferico e le condizioni climatiche avverse alla pulizia dell'aria. Il traffico, il riscaldamento domestico e i processi industriali sono le tre cause principali dello smog. Quando le condizioni atmosferiche di alta pressione in periodi invernali non consentono un ricambio dell'aria nei centri urbani, si tende ad intervenire con misure di emergenza, che si rivelano purtroppo inefficienti e spesso inefficaci. Sono indispensabili politiche strutturali per ridurre stabilmente le fonti di inquinamento in città. Numerose e variegata le misure attuabili. Dal maggiore controllo del parco auto privato, alla conversione del parco pubblico a mezzi a bassa emissione (metano, biodiesel, gasolio bianco, elettricità), dalla dissuasione all'uso del mezzo privato alla promozione del risparmio energetico e dell'isolamento termico delle abitazioni. Molto c'è da fare, a partire dai comportamenti quotidiani.

Benzene

Le emissioni di benzene derivano principalmente dall'uso della benzina nei trasporti, sia come prodotto di combustione sia di evaporazione, in secondo luogo da alcuni processi produttivi e dai sistemi di stoccaggio e distribuzione dei carburanti (stazioni di servizio, depositi). Per quello che riguarda i trasporti su strada, la maggior parte di questo inquinante (circa il 95%) ha origine allo scarico dei veicoli, dove il benzene è presente sia come incombusto, sia come prodotto di "riarrangiamento" di idrocarburi aromatici presenti nella benzina. Una parte (5%) deriva invece dalle emissioni evaporative dal serbatoio e dal carburatore anche durante la sosta. L'alto indice di motorizzazione dei centri urbani e la accertata cancerogenicità fa del benzene uno dei più importanti inquinanti nelle aree metropolitane.

I Metalli Pesanti

I metalli pesanti rientrano nella categoria dei contaminanti in traccia, così definiti perché si trovano generalmente nell'ambiente in bassissime concentrazioni. Alcuni, come Zn, Mn, Fe e Cu sono micronutrienti essenziali per le specie viventi e risultano tossici solo quando le loro concentrazioni superano di molto i valori naturali. Altri, in particolare As, Pb, Cd e Hg, non solo non svolgono alcun ruolo specifico nei processi vitali, ma possono anche causare danni gravi e irreversibili se presenti alle alte concentrazioni. Effetti apprezzabili sulla salute si possono avere anche a seguito di esposizioni protratte a basse concentrazioni, data l'elevata tendenza di tali elementi ad accumularsi e persistere nei tessuti animali e vegetali. In genere sono le piante i principali accumulatori di queste sostanze e possono favorirne l'introduzione negli organismi animali attraverso la dieta.

I metalli pesanti vengono rilasciati sia da sorgenti naturali, quali principalmente i suoli e le eruzioni vulcaniche, che antropogeniche, tra le quali le più importanti sono le lavorazioni industriali e i processi di combustione di petroli e carbone.

Tabella: informazioni riassuntive circa le principali sostanze inquinanti presenti in atmosfera

Inquinante	Sorgenti	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
<i>Biossido di zolfo</i>	Deriva dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Sono responsabili della sua emissione le centrali termoelettriche, l'industria, gli impianti di riscaldamento domestico, gli autoveicoli diesel.	E' un irritante delle mucose e dell'apparato respiratorio. Per lunghe esposizioni altera la funzionalità respiratoria.	Contribuisce alla formazione delle piogge acide, che recano danni alla vegetazione e corrodono edifici e monumenti.
<i>Ossidi di azoto</i>	Si generano a causa dei processi di combustione, negli autoveicoli e negli impianti industriali e di riscaldamento.	Causa irritazioni alle vie respiratorie.	Contribuisce ad originare lo smog fotochimico, nebbie e piogge acide.
<i>Monossido di carbonio</i>	Si forma in tutte le combustioni che avvengono in carenza di ossigeno (motori degli autoveicoli, impianti di riscaldamento domestico e impianti industriali). Viene prodotto anche dal fumo di sigaretta.	Si lega all'emoglobina del sangue formando carbossiemoglobina, che non è più in grado di trasportare l'ossigeno. A basse dosi diminuisce la resistenza allo sforzo fisico. Al alte dosi può essere letale.	E' responsabile dell'effetto serra.
<i>Ozono</i>	E' un inquinante secondari che si origina per reazioni chimiche, favorite dalla radiazione solare, tra ossidi di azoto e idrocarburi.	Ha effetti negativi anche a concentrazioni molto basse. Provoca irritazione agli occhi, per valori elevati, sintomi a carico delle vie respiratorie.	Produce un rapido deterioramento dei materiali e riduce la produttività delle colture.
<i>Particelle Sospese (polveri)</i>	Si formano nelle combustioni; nelle aree urbane sono generate dalle centrali termiche e dagli autoveicoli.	Sono in generale irritanti per l'apparato respiratorio, a causa delle sostanze nocive che contengono o che su di esse sono adsorbite, ad esempio piombo, vanadio, cromo, amianto.	Contribuiscono alla diminuzione della trasparenza dell'aria e all'annerimento e/o corrosione di monumenti ed edifici.
<i>Metalli pesanti (piombo)</i>	Le principali sorgenti naturali sono suoli ed eruzioni vulcaniche. Tra le sorgenti antropogeniche troviamo le lavorazioni industriali e i processi di combustione di petroli.	Molti metalli possono essere cancerogeni e provocano danni a tessuti, polmoni, ossa e reni.	Possono risultare tossici per le piante in concentrazioni elevate.

IL BIOMONITORAGGIO MEDIANTE I LICHENI

Introduzione

Con il termine biomonitoraggio si intende l'insieme delle metodologie che utilizzano esseri viventi per trarre informazioni sullo stato dell'ambiente. L'inquinamento, attraverso il monitoraggio chimico fisico, fornisce dati di tipo quantitativo e relativi all'istante del campionamento (situazione puntuale in un preciso momento storico); viene espresso quindi in termini di concentrazioni relative ad ogni singolo inquinante. Il biomonitoraggio, invece, permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento (monitoraggio di tendenza); cioè dà informazioni più generali sullo stato di salute dell'ambiente valutando i danni subiti dalla presenza di organismi bersaglio presenti nell'area di studio o appositamente introdotti.

Il biomonitoraggio degli inquinanti atmosferici viene realizzato utilizzando specie vegetali quali: **licheni, tabacco, tarassaco, pino silvestre**, ecc... tali specie evidenziano, in seguito ad una esposizione prolungata ad agenti nocivi, danno fogliari più o meno evidenti. Inoltre sono più sensibile agli attacchi di insetti e possibile malattie. Queste piante risultano particolarmente utili sia in associazione che in alternativa alla rilevazione mediante centraline meccaniche.

Si possono distinguere:

- piante "sentinella", geneticamente uniformi, di rapida crescita, generalmente erbacee e annuali;
- piante "rilevatore", a crescita lenta e spontanea nella zone di studio, costituite generalmente da alberi e arbusti che rispondono più lentamente alla presenza di inquinanti con sintomi rilevabili solo nella tarda stagione di crescita.

Nelle metodologie del biomonitoraggio si possono distinguere due diverse tipologie di organismo test:

- 1) "Bioindicatori": organismi che subiscono variazioni evidenti nella fisiologia, nella morfologia o nella distribuzione sotto l'influsso delle sostanze presenti nell'ambiente;
- 2) "Bioaccumulatori": organismi in grado di sopravvivere in presenza di inquinanti che accumulano nei loro tessuti; con il loro uso è possibile ottenere dati sia di tipo qualitativo che quantitativo.

Nel nostro paese, il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico viene effettuato essenzialmente tramite centraline automatiche di rilevamento. Tali apparecchiature misurano direttamente le concentrazioni di determinati inquinanti in campioni d'aria prelevati dall'atmosfera: quando una o più di tali sostanze superano i livelli di soglia stabiliti per legge, scattano i provvedimenti per limitare le emissioni, come ad esempio l'interruzione del traffico veicolare. Questo tipo di monitoraggio, oltre a presentare il limite di elevati costi di acquisto e di manutenzione, generalmente esegue il rilevamento solo di pochi parametri (CO, NO_x, SO₂, ecc.). Di conseguenza risulta impossibile effettuare il controllo su vaste aree basato su un'alta densità di punti di campionamento, mentre scarseggiano o mancano del tutto dati su molti contaminanti, come ad esempio i metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, che possono essere nocivi anche a basse concentrazioni.

Il biomonitoraggio, rispetto alle tecniche tradizionali realizzate con centraline mobili o fisse, presenta diversi vantaggi:

- costi di gestione limitati (materiale e allestimento);
- possibilità di coprire, con facilità, vaste zone e territori diversificati, consentendo una adeguata mappatura del territorio;
- elevata sensibilità di alcuni esseri viventi;
- stima degli effetti combinati di più inquinanti sugli esseri viventi.

Vi è poi un intervento di polishing vegetale, per cui le piante fanno da filtro all'aria respirata dall'uomo, assorbendo una parte di inquinanti.

Con questo sistema si unisce la funzione di ecosensore alla presenza verde che contribuisce alla valorizzazione del territorio.

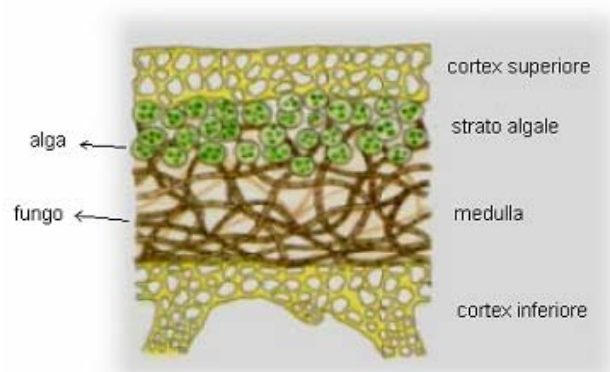
Molto diffusa, ad esempio, è la tecnica di biomonitoraggio dell'ozono mediante la specie *Nicotina Tabacum*.

I licheni sono molto diffusi come bioaccumulatori di metalli pesanti e biondicatori di ossidi di zolfo, ossidi di azoto e ozono.

I licheni nella valutazione della qualità dell'aria

I licheni sono il risultato dell'unione stabile tra due diversi organismi viventi, un fungo ed un'alga. Tale unione rappresenta una simbiosi ed è pertanto vantaggiosa per entrambi:

l'alga produce, tramite la fotosintesi, carboidrati ed altre sostanze da cui il fungo trae nutrimento, mentre riceve in cambio dal fungo protezione contro l'essiccamento e contro radiazioni solari nocive. Questa unione porta alla formazione di un organismo, il lichene, con caratteristiche proprie che lo rende in grado di sopravvivere anche in difficili condizioni ambientali e di colonizzare habitat più diversi. I licheni costituiscono pertanto i primi colonizzatori privi di vita, per questo sono definiti "specie pioniere"; infatti essi riescono a vivere anche sulla roccia nuda solubilizzando, con i prodotti del loro metabolismo, i minerali che la compongono ed iniziando così l'opera di disgregazione che preparerà un substrato più ricco ed ospitale per altri organismi, come ad esempio i muschi. I licheni epifiti (licheni che crescono sulla corteccia degli alberi) rappresentano i biondicatori più utilizzati nella valutazione della qualità dell'aria; questi pur non essendo capaci di discriminare tra i diversi tipi di inquinanti, sono in grado di stimare la qualità complessiva dell'aria risultando sensibili all'effetto di tutti gli inquinanti contemporaneamente, oltre a quelli derivanti dall'accumulo di sostanze non facilmente rilevabili con normali mezzi di analisi chimica. L'economicità del loro utilizzo consente di effettuare un numero elevato di rilevamenti, coprendo così aree molto ampie, rendendo possibile realizzare affidabili carte tematiche di qualità dell'aria, utili per avere un quadro generale dell'inquinamento.



I licheni possono essere utilizzati per la valutazione della qualità dell'aria secondo due tipi di approcci diversi: l'approccio indiretto (licheni come bioindicatori) e l'approccio diretto (licheni come bioaccumulatori).

Classificazione dei licheni

Una prima sommaria distinzione tra licheni può essere fatta in base alla loro forma.

Esistono licheni:

1. crostosi, sono strettamente aderenti al substrato.
2. fogliosi, in cui il tallo è costituito da lamine fogliacee che crescono in direzione parallela rispetto al substrato.
3. frutticosi, in cui il tallo si sviluppa in verticale rispetto al substrato e tende a ramificarsi in varie direzioni .

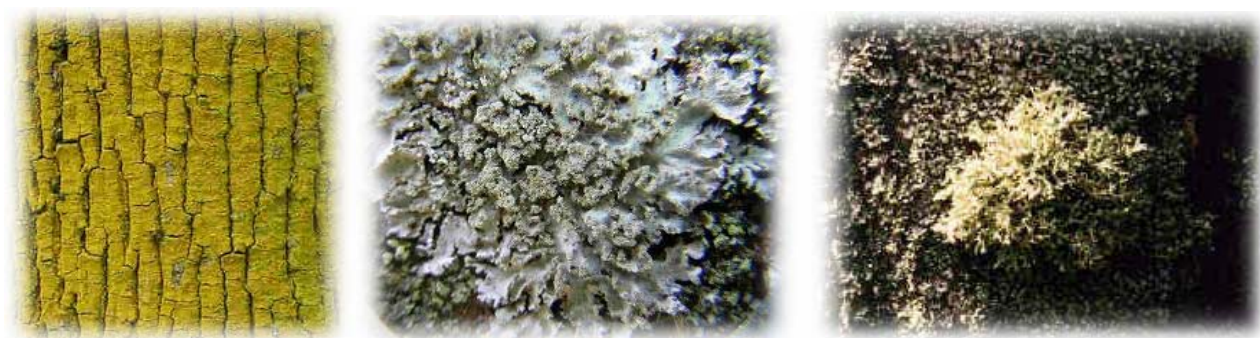


Figura 1: esempio di lichene crostoso, foglioso e frutticoso

I licheni come bioindicatori

I licheni possiedono caratteristiche peculiari che li rendono adatti all'impiego come bioindicatori:

- sensibilità agli agenti inquinanti (mancando di una cuticola superficiale e di aperture stomatiche, gli scambi con l'atmosfera interessano tutta la superficie);
- resistenza agli stress ambientali (variazioni di temperatura, mancanza di acqua);
- ubiquitarità, riuscendo a crescere ovunque salvo condizioni di inquinamento che ne impediscano lo sviluppo;
- accrescimento lento e grande longevità

La presenza di sostanze inquinanti nell'aria provoca effetti dannosi sui licheni, ed in particolare col tempo diminuisce il numero di specie. Questa caratteristica è utilizzata per stabilire un indice di qualità dell'aria (Index of atmospheric Purity).

I licheni come bioaccumulatori

La capacità di assorbire e accumulare sostanze inquinanti può essere sfruttata per il monitoraggio dei contaminanti persistenti presenti in atmosfera in bassissime concentrazioni. Inquinanti come i metalli pesanti, i fluoruri, gli idrocarburi clorurati, i radionuclidi, sono difficilmente rilevabili nell'aria in concentrazioni apprezzabili tramite gli strumenti di analisi e risulta molto difficile studiarne i meccanismi di diffusione nel territorio.

Il lichene, funzionando da bioaccumulatore, ci consente di misurare l'abbondanza relativa di questi inquinanti spesso molto pericolosi e di individuare le aree di maggior deposito al suolo.

Le proprietà che fanno di un lichene un buon bioaccumulatore sono le seguenti:

1. elevata tolleranza alla sostanza in esame capacità di accumulare la sostanza esaminata in misura indefinita
2. possibilità di definire l'età del tallo lichenico esaminato (le parti del tallo più vecchie tenderanno ad avere concentrazioni di inquinante più elevate rispetto alle parti più giovani, per cui è opportuno raffrontare porzioni di tallo della stessa età presenza di molti esemplari di lichene nell'area di studio).

Questa metodica d'indagine è di solito applicata per studiare la diffusione di inquinanti emessi da sorgenti puntiformi (inceneritore di rifiuti, amianto industriale, centrale nucleare). Non sono richieste particolari conoscenze lichenologiche, a differenza dei bioindicatori, in quanto si opera con una sola specie di lichene. Sono richieste però le apparecchiature e gli strumenti di laboratorio necessari alla mineralizzazione dei talli lichenici e all'analisi dei contaminanti.

L'ESPERIENZA DI BIOMONITORAGGIO

Introduzione

L'esperienza di biomonitoraggio mediante l'uso dei licheni si è svolta in due fasi. Da un lato, nel caso dell'uso dei licheni come bioaccumulatori di metalli, si sono analizzati i dati provenienti dalle centraline di biomonitoraggio site a Lecce e a Maglie e gentilmente forniti dalla Provincia di Lecce. Nel caso invece dell'utilizzo dei licheni come bioindicatori, è stata condotta un'esperienza nel boschetto dei Calamauri, a Maglie, prendendo alcune querce come alberi campione.

Esperienza sull'uso dei licheni come bioaccumulatori

Descrizione della centralina di biomonitoraggio

Nel maggio del 2003 è stata installata, ad opera della Provincia di Lecce, una centralina di biomonitoraggio (la seconda sul territorio provinciale) presso l'Istituto Professionale per l'Agricoltura e l'Ambiente "L. G. M. Columella" di Maglie. La centralina di biomonitoraggio è stata predisposta per accogliere i seguenti organismi:

- Licheni bioaccumulatori di metalli pesanti e bioindicatori di SO_x, NO_x, O₃ (ozono)
- *Brassica oleracea* bioaccumulatore degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
- *Pinus silvestris* bioaccumulatore degli IPA, PCB (Policlorobifenili) e di metalli pesanti
- *Lolium perenne* L. multiflorum bioaccumulatore di metalli
- *Taraxacum officinalis* bioaccumulatore di metalli
- *Nicotiana tabacum* bioindicatore dell'ozono
- *Populus Nigra* bioindicatore di composti IPA e PCB
- *Medicago sativa* bioindicatore del biossido di zolfo SO₂
- Terreno per test ecotossicologici (*Vibrio fischeri*, *Selenastrum capricornutum*, *Lactuca sativa*, *Daphnia magna*)

In pratica su una superficie di circa 20 mq è stato piantato un albero, è stata conficcata nel terreno una gabbietta posta su palo e delle fioriere contenenti i vasi delle piante indicate. Le piante indicate sono presenti a seconda del loro ciclo vegetativo nella biocentralina in modo da coprire nell'arco di tutto l'anno la:



- ❖ Bioindicazione della presenza di SO_x, NO_x, O₃ (ozono), composti fluorurati
- ❖ Bioaccumulazione e quantificazione di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), PCB (Policlorobifenili) e di metalli pesanti.

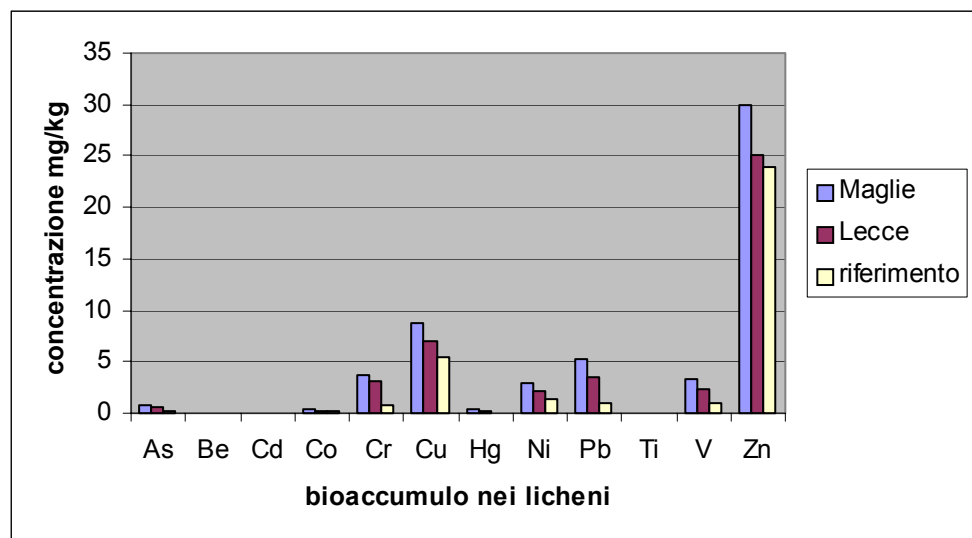
Ogni tre mesi, i tessuti vegetali saranno campionati presso le centraline ed avviati ai saggi di laboratorio. Per la bioindicazione, l'utilizzo di piante vascolari permetterà di valutare il danno attraverso la stima della necrosi fogliare e dell'analisi istologica di tessuto vegetale.

Analisi dei dati

Dall'analisi dei dati relativi alle centraline di biomonitoraggio è stato ricavato il seguente grafico, che mostra il bioaccumulo dei metalli nei licheni stimato nei



mesi da maggio ad agosto 2003 nella centralina di Maglie e in quella presente a Lecce. Si può notare come in



generale si osservino valori più alti a Maglie che non a Lecce. Questo è particolarmente

evidente per alcuni metalli, come il Cu, il Pb e lo zinco. Inoltre i valori stimati risultano superiori a quelli di riferimento.

Esperienza sull'uso dei licheni come bioindicatori

Quando i licheni vengono utilizzati come bioindicatori, bisogna calcolare l'indice di purezza atmosferica (IAP - Index of atmospheric purity). Per fare ciò si sono presi come alberi campione alcune querce presenti nel boschetto Calamuri di Maglie, situato nei pressi della zona industriale.

L'elaborazione dell'indice IAP si basa sui licheni epifiti. Non tutte le piante sono però idonee a diventare una pianta campione per la rilevazione dei licheni. Le caratteristiche devono essere le seguenti:

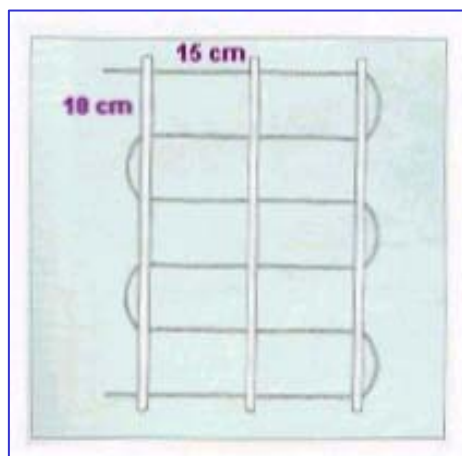
- non devono essere troppo giovani, altrimenti i licheni potrebbero non essersi ancora insediati;
- il tronco deve avere una circonferenza minima di 70-80 cm in modo che la lettura con il reticolo possa ritenersi corretta;
- il tronco non deve essere molto inclinato;
- non devono essere presenti scanalature o grosse nodosità, che impediscono uno scorrimento uniforme dell'acqua piovana;
- la scorza non deve essere desquamante;
- non devono essere stati effettuati trattamenti antiparassitari o verniciature del tronco;
- non ci deve essere una forte presenza di muschio;
- gli alberi devono essere il più possibile isolati e in nessun caso parte di siepi.

Si deve quindi operare una scelta a favore di una sola pianta o al massimo di due, ma entrambe a scorza acida o scorza basica, privilegiando quelle più diffuse nella zona. Di norma le piante più utilizzate sono i tigli (alberature stradali, giardini pubblici e privati) e le querce (campagna).

Calcolo dell'I.A.P.

Per il calcolo dello I.A.P. viene utilizzato un reticolo di 30X50 cm suddiviso in dieci maglie di 15X10 cm. Il reticolo può essere costruito con vari materiali (canne, asticelle in legno o

plexiglass, fili di lana, spago o altro), l'importante è che sia abbastanza plastico da potersi adattare facilmente alla forma del tronco.



Il reticolo deve essere posizionato su ogni albero della stazione a un'altezza di circa 100-120 cm dal suolo, sulla parte del tronco che presenta la massima copertura di licheni. Questo reticolo è lo strumento che ci consente di effettuare rilevazioni quantitative della presenza dei licheni sulla corteccia delle piante e grazie al quale è possibile calcolare l'indice di purezza atmosferica (I.A.P.).

In ogni stazione di campionamento si procede al conteggio dei licheni presenti sulle piante campione. Il

metodo si basa sulla misura delle frequenze di ogni specie lichenica nei rettangoli in cui è suddiviso il reticolo. In pratica, per ogni specie lichene (indicata con un simbolo geometrico nella scheda a lato) rilevata nell'area delimitata dal reticolo, si conta il numero totale dei quadranti all'interno dei quali essa è presente. Il reticolo va posizionato in modo da poter disporre delle migliori condizioni possibili, cioè applicandolo alla parte del tronco dove i licheni sono più abbondanti e vari.

I dati relativi al conteggio e quelli più generali sulla stazione e sulla pianta vengono trascritti sulla scheda di rilevamento. La somma delle frequenze relative ad ogni singolo lichene costituisce il valore di frequenza di una singola pianta campione; la media aritmetica delle frequenze misurate nelle

piante di una stazione di campionamento rappresenta il valore dell'indice IAP. Valori dello IAP inferiori a 10 sono tipici delle zone ai margini del deserto lichenico e sono comunque indice di una scarsa qualità dell'aria. Quando lo IAP raggiunge e supera il punteggio di 30, la qualità dell'aria comincia ad attestarsi su di un discreto livello.

Scheda di rilevamento licheni



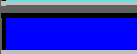

Località' Albero n°

specie	frequenza
■ 1	
● 2	
▲ 3	
■ 4	
◆ 5	
■ 6	

Frequenza totale =

Valore I.A.P. =

Per facilitare la lettura e l'interpretazione dei risultati ottenuti, i valori di I.A.P. delle singole stazioni possono essere fatte rientrare in classi di qualità ciascuna delle quali corrispondente ad un intervallo di valori dell'indice e contraddistinta da un determinato colore.

Classi di qualità	Giudizio di qualità dell'aria	Colore		Valori di I.P.A.
1	Molto scadente	Rosso		0 - 5
2	Scadente	Arancione		5 - 10
3	Bassa	Giallo		10 - 15
4	Mediocre	Verde scuro		15 - 20
5	Media	Verde chiaro		20 - 25
6	Discreta	Azzurro		25 - 35
7	Buona	Blu		> 35

Con un indice di purezza atmosferica pari a 26 si può parlare di qualità dell'aria discreta. Va precisato a questo proposito che non esistono classi di qualità standard valide per tutto il territorio nazionale, ma esse vengono scelte dall'operatore in base alle caratteristiche dell'area di studio e pertanto hanno un valore relativo. In effetti, come già sottolineato, i valori di I.A.P. non dipendono soltanto dal livello di inquinamento atmosferico ma anche dalla specie arborea presa in esame e dalle caratteristiche climatiche del territorio considerato. In altre parole, uno stesso valore di I.A.P. calcolato per stazioni differenti dal punto di vista del substrato arboreo e /o del clima, può corrispondere a un livello di inquinamento relativamente diverso.