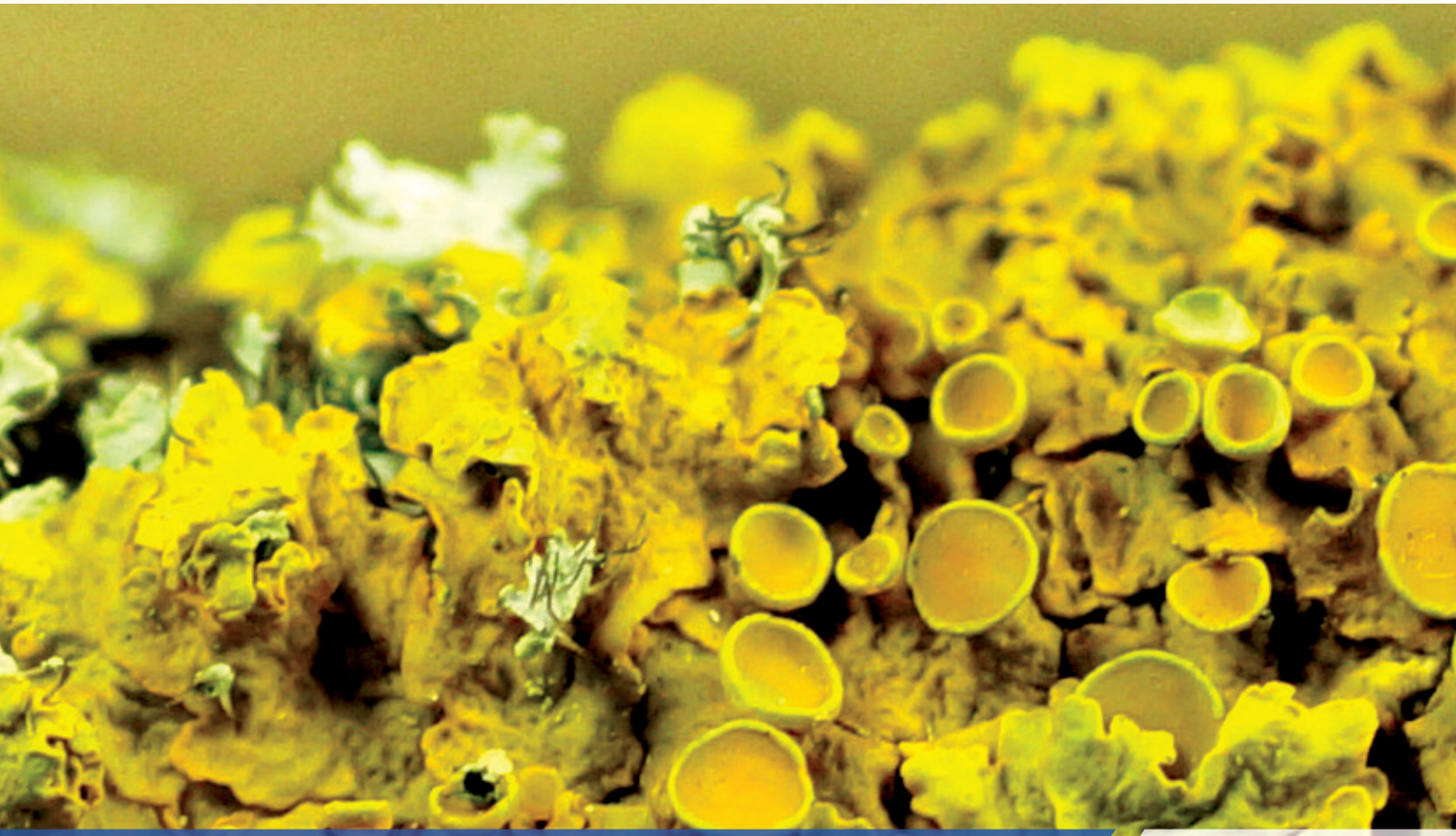
REGIONE LAZIO

CSMON-Life

LIFE13 ENV/IT/842

LA NATURA SEI TU.

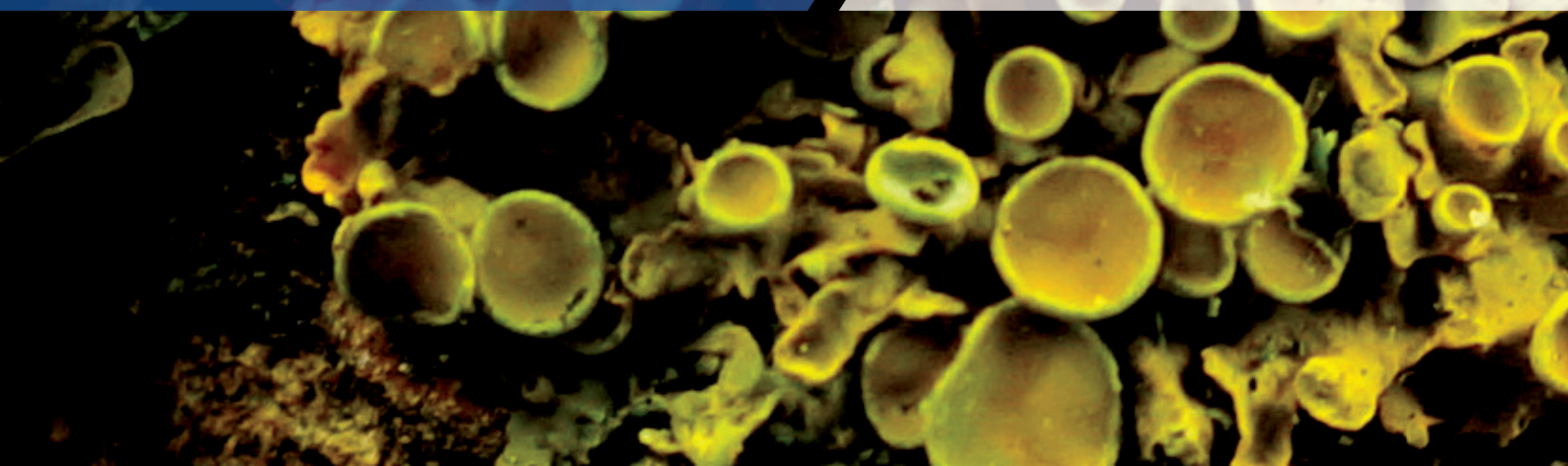


IL BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE TRAMITE LICHENI

RAPPORTO TECNICO

Elena Pittao, Stefano Martellos
Dipartimento di Scienze della Vita,
Università degli Studi di Trieste

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



LIFE13 ENV/IT/842



VOLUME REALIZZATO NELL'AMBITO DEL PROGETTO CSMON-LIFE DALLA REGIONE LAZIO (PARTNER DI PROGETTO):

Assessorato Rapporti con il Consiglio, Ambiente e Rifiuti: *Assessore Mauro Buschini*
Direzione Ambiente e Sistemi Naturali - Regione Lazio: *Direttore Vito Consoli*
Area Conservazione e Gestione del Patrimonio Naturale e Governance del Sistema e delle Aree Naturali Protette,
Coordinatore CSMON-LIFE per Regione Lazio: *Giuliano Tallone*
Coordinatore scientifico CSMON-LIFE per Regione Lazio: *Stefano Sarrocco*
Area Servizi Informativi Ambientali, Agenda Digitale, Open Government e Servizi Tecnici Generali: *Roberto Sinibaldi*
Coordinamento editoriale CSMON-LIFE Regione Lazio: *Maricetta Agati*
Supporto al coordinamento tecnico-amministrativo: *Fulvio Cerfolli*

A cura di: *Elena Pittao, Stefano Martellos*
Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste

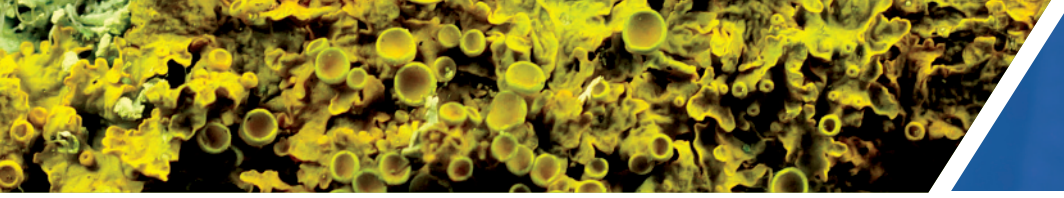
Foto di: *Juri Nascimbene e Andrea Moro*
ISBN 9788895213095

Coordinatore Progetto

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Partner

CIHEAM IAM BARI
comunità ambiente
divulgando Srl Sistemi Informativi Multimediali
REGIONE LAZIO
Dipartimento di Biologia Ambientale Sapienza Università di Roma
Dipartimento di Biologia
Dipartimento di Scienze della Vita
Società Lichenologica Italiana



PREMESSA

L'uso dei licheni come bioindicatori per la valutazione della "qualità ambientale" è da molti anni una pratica consolidata e diffusa, sia in Italia sia all'estero. Sono state sviluppate e validate diverse tecniche di biomonitoraggio che sfruttano la sensibilità e la reattività di questi organismi ai cambiamenti ambientali (in particolare l'inquinamento da gas fitotossici, l'eutrofizzazione e i cambiamenti climatici). Gli effetti di questi cambiamenti ambientali possono manifestarsi a) sotto forma di accumulo di determinate sostanze, e b) con variazioni morfologiche, fisiologiche o genetiche a livello di organismi, popolazioni o comunità. Sono questi secondi effetti ad essere monitorati mediante le tecniche di bioindicazione.

Il presente rapporto tecnico è pubblicato nell'ambito del progetto CSMON-LIFE (LIFE13 ENV/IT/842).

CSMON-LIFE (Citizen Science MONitoring) è il primo progetto italiano di "Citizen Science" sulla biodiversità, finanziato in Italia dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE+, che vede la Direzione Ambiente e Sistemi Naturali della Regione Lazio, coinvolta insieme ad un partenariato qualificato, svolgere attività pubbliche di sensibilizzazione per la conservazione del patrimonio naturale.

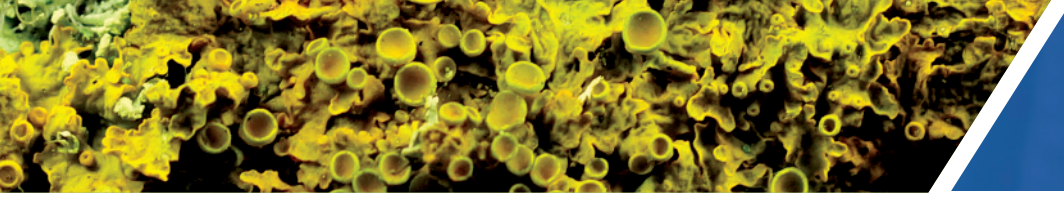
Alla base del progetto ci sono 4 concetti fondamentali, che costituiscono i pilastri della "Citizen Science":

- **coinvolgimento** (dei cittadini)
- **comprensione** (delle problematiche legate alla conservazione della natura)
- **collaborazione** (nello sviluppo di soluzioni efficaci, in quanto condivise)
- **cambiamento** (dei nostri comportamenti nei confronti dell'ambiente)

Nell'ambito del progetto, grazie all'utilizzo di moderne e semplici tecnologie, quali la predisposizione di app, scaricabili gratuitamente, è stata messa a punto una serie di strumenti che vengono utilizzati dal pubblico per la raccolta dei dati scientifici. In questo senso i licheni costituiscono un eccellente "materiale biologico" da monitorare e osservare nei diversi ambienti fruibili dal grande pubblico.

In linea con gli obiettivi di CSMON-LIFE si è ritenuto utile pubblicare nel formato digitale il presente rapporto tecnico, in modo da rendere disponibili anche dei documenti tecnici utili all'attuazione del progetto e dei percorsi metodologici seguiti.

I documenti sono visibili sul sito CSMON-LIFE (www.csmon-life.eu) e in quelli dei partner di progetto.



Sommario

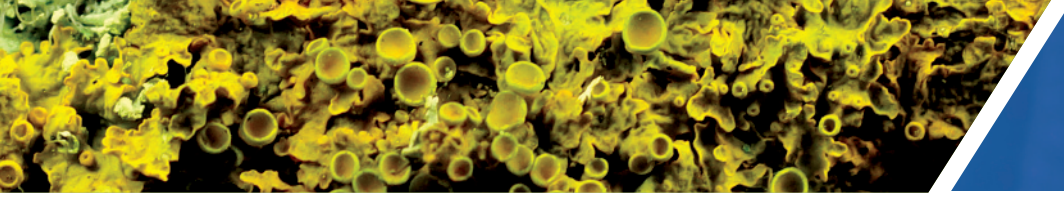
Introduzione 5

Tecniche di bioindicazione 7
Indici di biodiversità 7
Valutazione indiretta tramite indici ecologici 8
Carte basate su parametri floristici e vegetazionali 9
Trapianti lichenici 9

Il progetto CSMON-LIFE e la campagna "licheni e antropizzazione" 9
Concorso Nazionale Licheni e Didattica 10

Bibliografia 11

Appendice 1: Diploicia canescens (Dicks.) A.Massal. 14
Appendice 2: Evernia prunastri (L.) Ach. 15
Appendice 3: Flavoparmelia caperata (L.) Hale 16
Appendice 4: Xanthoria parietina (L.) Th.Fr. 17



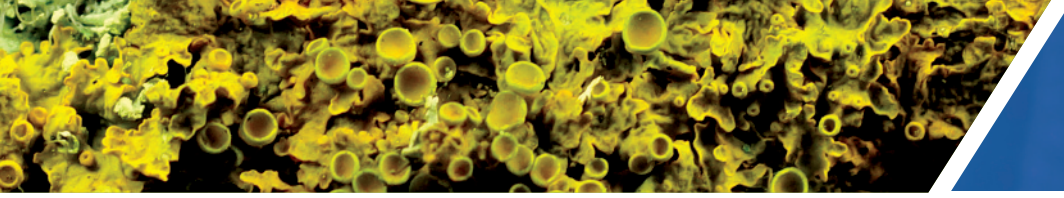
INTRODUZIONE

Secondo la legislazione italiana, l'inquinamento atmosferico è definito come ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente (Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152). L'inquinamento è quindi facilmente esprimibile in termini di concentrazioni misurabili strumentalmente. Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è invece complesso, in quanto le concentrazioni degli inquinanti possono essere molto variabili nel tempo o nello spazio. Per ottenere dati attendibili, quindi, devono essere svolti studi che si protraggano per archi temporali sufficientemente ampi, e con alte densità dei punti di campionamento. Tuttavia, le centraline utilizzate per misurare le concentrazioni degli inquinanti hanno costi elevati, cosa che ne limita fortemente il numero e la distribuzione sul territorio, con conseguente limitazione del numero di punti di osservazione. Inoltre, il numero di sostanze inquinanti rilevate da questi strumenti è di solito esiguo.

Il **biomonitoraggio**, cioè il monitoraggio degli effetti dell'inquinamento tramite parametri biologici, si basa invece sulle variazioni ecologiche indotte dall'inquinamento (Manning & Feder, 1980); tali variazioni si riflettono sugli organismi in tre modi principali: 1) modificazioni morfo-strutturali; 2) accumulo di sostanze inquinanti; 3) variazioni della composizione faunistica e/o floristica. Tali modificazioni spesso non dipendono da singoli episodi di inquinamento, ma piuttosto dall'inquinamento medio entro un arco di tempo più o meno lungo, e dal tipo di organismo analizzato (Nimis et al., 1989). Il biomonitoraggio permette quindi una stima degli effetti dell'inquinamento in un dato ambiente, analizzando gli effetti combinati di vari inquinanti nel tempo, mentre le centraline di rilevamento forniscono una serie di misure dirette e puntiformi nel tempo e nello spazio, che permettono di avere le esatte concentrazioni delle singole sostanze. Le tecniche di biomonitoraggio sono quindi solitamente inadatte allo studio di episodi acuti di inquinamento, dal momento che i tempi di risposta degli organismi sono relativamente lunghi. Un indubbio vantaggio del biomonitoraggio, invece, è la possibilità di redigere carte degli effetti dell'inquinamento su aree relativamente vaste, e con costi di molto inferiori rispetto alle misurazioni strumentali, permettendo di conseguenza di individuare zone critiche, adatte al posizionamento di centraline di rilevamento (Nimis & Bargagli, 1999).

La scelta di un organismo o un gruppo di organismi a scopi di biomonitoraggio dipende da vari fattori, come ad esempio accertata sensibilità all'inquinamento, scarsa mobilità, presenza diffusa sul territorio, eventuale capacità di accumulo di sostanze inquinanti, ciclo vitale sufficientemente lungo. Gli organismi con tali caratteristiche possono essere utilizzati come **bioindicatori** o **bioaccumulatori**. Si parla di bioindicatori quando in presenza di sostanze inquinanti gli organismi subiscono evidenti modificazioni morfologiche, fisiologiche, genetiche, etologiche a livello di comunità, di popolazione o del singolo individuo. Si parla invece di bioaccumulatori quando gli organismi sono in grado di assorbire e accumulare sostanze più o meno tossiche presenti nell'ambiente in virtù di un elevato grado di tolleranza (Clement et al., 1995). Siccome la sensibilità ai diversi inquinanti varia da specie a specie, la scelta degli organismi da usare come bioindicatori o bioaccumulatori dipende dal tipo di inquinante che si vuole indagare.

I licheni vengono normalmente usati sia come bioindicatori sia come bioaccumulatori, grazie alle loro peculiarità ecologiche e fisiologiche (Nimis et al., 1989). I licheni sono organismi simbiotici costituiti dall'unione di un fungo e una o più specie di alghe verdi e/o di cianobatteri. Sono importanti costituenti della vegetazione di molti ecosistemi, e in Italia si annoverano più di 2500 taxa infragenerici (Nimis, 2016). Mancando di apparato radicale, per il loro metabolismo dipendono dagli scambi gassosi e



dalle deposizioni secche e umide provenienti dall'atmosfera, e il loro stato di idratazione è determinato in massima parte dal tasso di umidità atmosferica. Sono fotosinteticamente attivi solo allo stato idratato (Nimis et al., 1989). La mancanza di cuticola superficiale favorisce l'assorbimento degli elementi nutritivi e dei contaminanti atmosferici in forma gassosa, in soluzione o associati al particolato, su tutta la superficie del tallo e nell'arco di molti anni. Da qui la capacità di questi organismi di accumulare a livelli apprezzabili i contaminanti (Tuominen & Jaakkola, 1973; Nieboer et al., 1978; Brown & Beckett, 1984). Talvolta le concentrazioni di inquinanti possono essere molto alte, senza che i licheni mostrino danni morfologici o fisiologici; ciò è dovuto o alla non tossicità dei contaminanti per il lichene, o alla loro segregazione in forma particellata e insolubile negli spazi intercellulari della medulla (Richardson, 1988). Siccome i meccanismi di selezione dei contaminanti sono scarsi, i licheni, tramite le sostanze accumulate, rispecchiano più fedelmente di altri organismi le effettive deposizioni atmosferiche (Nimis et al., 1989). I licheni possono subire anche gli effetti delle precipitazioni acide (Gilbert, 1986; Hallingbach, 1986; Farmer et al., 1992). Di solito, comunque, non è un singolo inquinante ad essere dannoso; sono invece molto rilevanti gli effetti derivanti da un'azione sinergica dei diversi contaminanti (Bargagli, 1998). I licheni hanno comunque tolleranze ecologiche piuttosto ristrette e definite, il che permette di evidenziare eventuali modificazioni dell'ambiente, come ad esempio variazioni del pH del substrato causate dall'inquinamento (Nimis et al., 1989). La tolleranza agli inquinanti varia a seconda della specie e a seconda delle sostanze. Di conseguenza è possibile stimare il livello di inquinamento di un dato ambiente sulla base della composizione in specie e della ricchezza dalla sua flora lichenica. Questo approccio viene usato frequentemente, e ha portato alla mappatura di aree molto estese, come ad esempio l'Inghilterra e il Galles (Hawksworth & Rose, 1970).

In Italia i dati di biodiversità lichenica derivanti da una mappatura effettuata nella regione Veneto sono risultati essere ben correlati con i dati di mortalità per cancro al polmone. Essendo i licheni particolarmente sensibili all'anidride solforosa, i valori di biodiversità riflettevano le concentrazioni di questo inquinante, che tuttavia erano troppo basse per avere effetti cancerogeni sull'uomo. L'anidride solforosa poteva però essere considerata un tracciante del trasporto a lunga distanza di altri inquinanti potenzialmente cancerogeni (Cislaghi & Nimis, 1997).

Va inoltre menzionata anche la notevole sensibilità dei licheni alle variazioni microclimatiche (Nimis et al, 1989). Questa è stata frequentemente utilizzata per valutare la "qualità ambientale" di un dato sito, soprattutto se coperto da vegetazione boschiva. In Gran Bretagna, ad esempio, sono stati sviluppati indici nazionali basati sui licheni, allo scopo di definire il pregio naturalistico e la continuità ecologica delle formazioni boschive (Coppins & Coppins, 2002). I licheni possono quindi essere proficuamente impiegati nel biomonitoraggio, sia come bioindicatori, quando si studiano correlazioni fra i parametri floristici, morfo-ecologici o vegetazionali e il livello di inquinamento, sia come bioaccumulatori, mediante l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti accumulati nei loro talli (Nimis et al., 1989).

Le prime osservazioni documentate sulla sensibilità dei licheni all'inquinamento atmosferico risalgono probabilmente al 1807 (Laundon & Waterfield, 2007) con i lavori in campo di Borrer, ma la loro pubblicazione avviene solo una trentina d'anni più tardi (Turner & Borrer, 1839). Anche gli studi di Grindon (1859) nel Lancashire meridionale e di Nylander (1866) a Parigi mettono in evidenza la progressiva rarefazione fino ad arrivare alla scomparsa di tali organismi nell'ambito di ampie aree urbane e di regioni fortemente industrializzate. Le ricerche in questo campo hanno avuto uno sviluppo molto lento soprattutto a causa dell'iniziale carenza di dati diretti sull'inquinamento atmosferico, fatto che impediva di quantificare le relazioni fra inquinamento e licheni. In seguito, dopo che la stima dell'inquinamento tramite i licheni è diventata un'attività di routine, anche in Italia tale forma di biomonitoraggio

è stata ampiamente utilizzata, come dimostrano i numerosi studi sull'argomento e la sua applicazione in casi di contenzioso ambientale (Candotto Carniel, 2013). Negli ultimi anni però, grazie all'efficacia delle misure di contenimento delle emissioni, si è verificato un abbassamento dei livelli di inquinamento da gas fitotossici, come ad esempio l'anidride solforosa. In questo contesto l'uso della bioindicazione tramite licheni è diminuito, ed è stata evidenziata un'aumentata difficoltà nel mettere in relazione i dati di biodiversità lichenica con l'inquinamento atmosferico (Giordani, 2007).

TECNICHE DI BIOINDICAZIONE

Esistono diverse tecniche di bioindicazione tramite licheni. La scelta della tecnica dipende dal soggetto dell'indagine e da altri fattori: tipo di inquinamento, caratteristiche dell'area di studio, strumentazione disponibile, limiti temporali ed economici, conoscenze lichenologiche degli operatori. Vengono di seguito riportate le principali metodiche sviluppate nel corso degli anni.

Indici di biodiversità

Nel 1964 De Sloover propose di dare una valutazione quantitativa dell'inquinamento atmosferico tramite un Indice di Purezza Atmosferica (IAP) basato su numero, frequenza e tolleranza agli inquinanti delle specie di licheni epifiti (capaci cioè di crescere sui tronchi e sui rami degli alberi) nell'area di studio.
Nel 1970 Hawksworth & Rose, in uno studio esteso all'intera Inghilterra, attribuendo ad ogni specie lichenica epifita un valore di sensibilità all'inquinamento da anidride solforosa, proposero delle scale di sensibilità che vennero in seguito largamente applicate in Europa e anche in alcuni paesi extraeuropei. Studi effettuati in Italia (Nimis 1985, 1986, 1989) a Trieste, Udine e Roma rivelarono però comportamenti diversi delle stesse specie licheniche nelle diverse città, portando ad una critica all'uso indiscriminato in contesti diversi dall'originale delle scale di sensibilità sviluppate per il territorio inglese. Negli anni '80 un'équipe dell'Università di Berna coordinata da Ammann iniziò un progetto di ricerca volto a confrontare statisticamente la predittività di

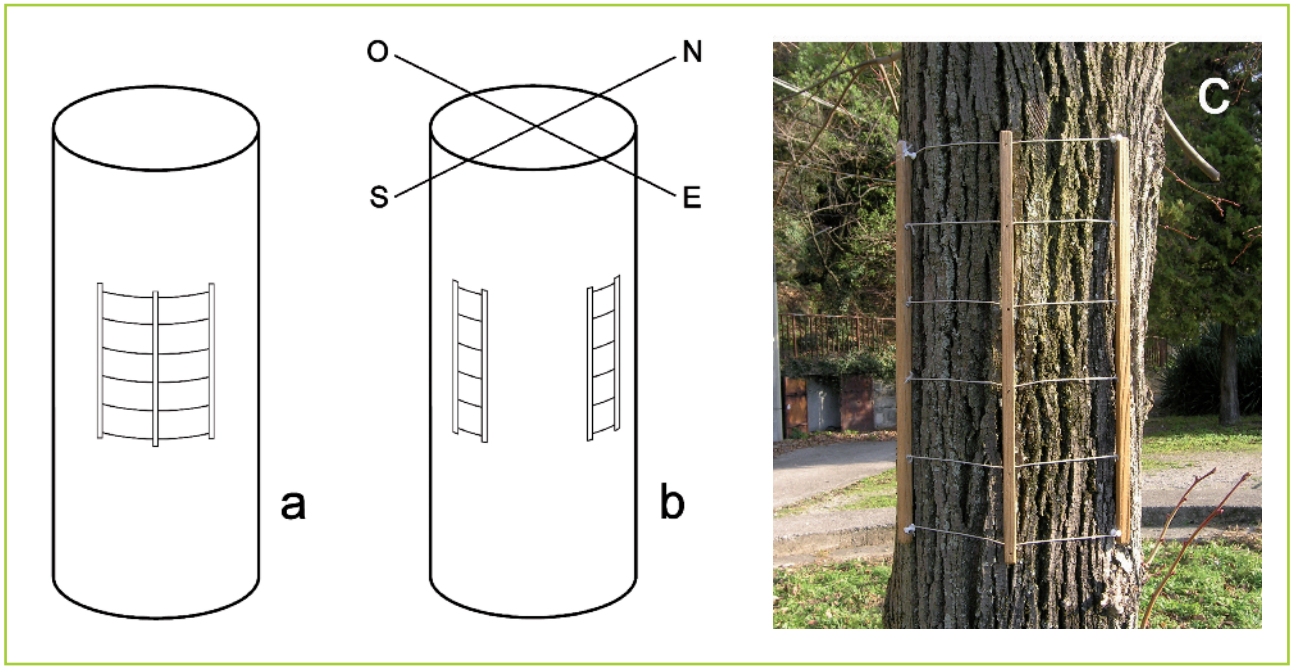
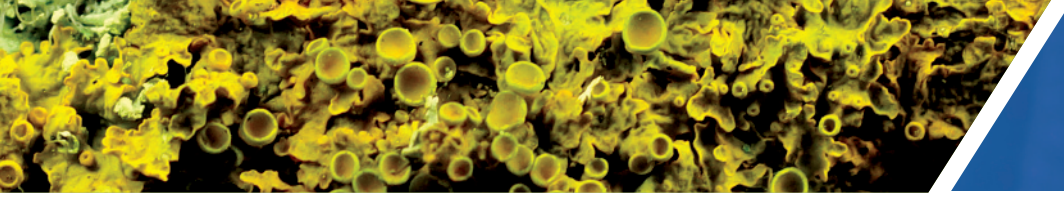


Figura 1 - Reticolo di campionamento a 10 maglie di 10 × 15 cm (a, c) e reticolo di campionamento a 4 file verticali di 5 maglie di 10 × 10 cm (b); in b sono visibili solo le file posizionate a est e a sud.

© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste. Foto di Elena Pittao (CC BY-SA 4.0)



20 diverse tecniche di bioindicazione tramite licheni rispetto a dati strumentali. La tecnica che risultò avere una predittività più elevata fu il calcolo della somma delle frequenze delle specie di licheni epifiti entro un reticolo di 10 maglie di dimensioni variabili a seconda del diametro del tronco dell'albero investigato (Herzig et al., 1985, 1987; Wanner et al., 1986; Ammann et al., 1987). Tale tecnica è nota in Italia come Metodo Ammann o Metodo Svizzero.

In Italia il Metodo Ammann fu ben presto applicato in diversi studi, ad esempio a La Spezia (Nimis et al., 1990), nell'Alto Vicentino (Nimis et al., 1989) e nell'intera regione Veneto (Nimis et al., 1991). Il metodo venne però leggermente modificato: fu preferito un reticolo di campionamento (Fig. 1 a, c) a 10 maglie di dimensioni fisse (10 × 15 cm), posizionato in modo da farlo coincidere con la parte del tronco con la massima densità di licheni. L'uso di aree di campionamento costanti permetteva di trasformare l'Indice di Purezza Atmosferica in una vera e propria misura di biodiversità (Badin & Nimis, 1996). Gli studi di biomonitoraggio tramite licheni ebbero così notevole impulso in Italia.

Nel 1998 venne organizzato dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) un convegno che permise di fare il punto sull'utilizzo in Italia delle tecniche di biomonitoraggio in ambiente terrestre e di proporre linee-guida per l'applicazione di diverse tecniche (Piccini & Salvati, 1999). In seguito furono organizzate diverse riunioni atte a selezionare alcune tecniche che potessero essere applicate a livello nazionale; la bioindicazione tramite licheni venne selezionata per il primo progetto pilota.

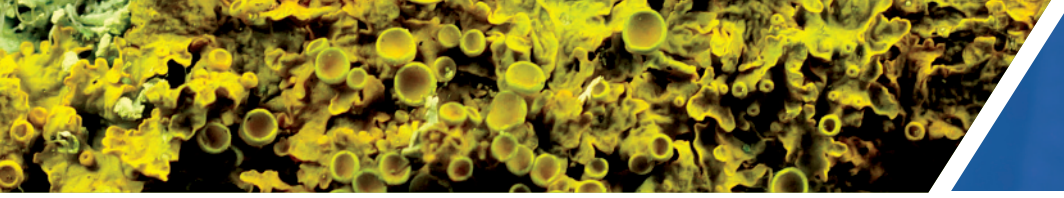
Nel 2000 l'ANPA finanziò una riunione di lavoro per l'armonizzazione delle diverse tecniche di bioindicazione basate sui licheni, in funzione della elaborazione di una metodica unica da adottare a livello europeo. Durante questa riunione furono discusse le modalità delle strategie di campionamento, allo scopo di abolire dai relativi protocolli ogni elemento di soggettività da parte degli operatori, e di sottolineare gli aspetti legati alla significatività statistica e alla qualità dei dati, questioni precedentemente discusse in uno studio condotto da Cislaghi e collaboratori (Roella et al., 1999). Venne quindi elaborata una complessa e oggettiva strategia per la selezione degli alberi da campionare per rilevare la diversità lichenica. Fu scelto poi di adottare un reticolo di campionamento (Fig. 1 b) a 4 file verticali di 5 maglie di dimensioni fisse (10 × 10 cm), da posizionare sul tronco in corrispondenza dei 4 punti cardinali. Fu deciso infine di prendere in considerazione tutte le specie licheniche epifite rilevabili nel reticolo, e non solo quelle ritenute a priori indicatrici, criterio peraltro già adottato in Italia sin dall'inizio.

Nel 2001 la NATO finanziò un convegno internazionale sul biomonitoraggio tramite licheni, nell'ambito del quale vennero riesaminate le linee-guida sviluppate nel 2000, che vennero successivamente rese pubbliche (Asta et al., 2002). Il manuale operativo pubblicato dall'ANPA alla fine del 2001 recepì e integrò le linee-guida proposte da Asta et al. (Nimis et al., 2001).

Una recentissima standardizzazione della metodica a livello europeo si è infine concretizzata con la stesura della normativa tecnica Ambient air - Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity EN 16413:2014 (CEN, 2014).

Valutazione indiretta tramite indici ecologici

I valori degli indici ecologici esprimono, mediante una scala numerica suddivisa in classi, l'intervallo di tolleranza dei licheni rispetto a diversi fattori ecologici, come ad esempio pH del substrato, radiazione solare, aridità ed eutrofizzazione (Nimis & Martellos, 2001). La valutazione indiretta dell'inquinamento tramite l'uso di indici ecologici viene effettuata soprattutto per le sostanze che modificano il pH del substrato (polveri calcaree, anidride solforosa, fertilizzanti inorganici, ecc.). Poiché per ciascun fattore ecologico gli intervalli di tolleranza variano a seconda della specie, l'analisi della composizione della vegetazione lichenica, con l'applicazione degli indici ecologici alle singole specie (Wirth, 1991, 1992, 2001, 2010; Nimis, 1999; Nimis & Martellos, 2008), permette di caratterizzare le stazioni di campionamento relativamente ad alcuni fattori ecologici, come ad esempio microclima, deposito di sostanze azotate e luminosità, che possono interagire con l'inquinamento atmo-



sferico nel determinare la distribuzione dei licheni nell'area di studio (Nimis et al., 1989).
Il campionamento prevede il rilevamento della flora lichenica epifita nell'area di studio. Per ciascun fattore ecologico vengono poi attribuiti a ogni specie i valori dell'intervallo di tolleranza del relativo indice. Per ogni stazione di campionamento viene quindi calcolata la distribuzione di frequenza dei valori dell'indice nelle varie classi. I dati vengono elaborati con programmi di cartografia computerizzata, in modo da ottenere la mappatura dell'area di studio, mappatura che mette in evidenza l'impatto ambientale delle sorgenti inquinanti presenti sul territorio (Nimis et al., 1989). Uno svantaggio di tale metodo è che richiede una buona conoscenza lichenologica per la corretta identificazione delle specie in campo. Per un esempio in Italia, v. Nimis & Dallai (1985).

Carte basate su parametri floristici e vegetazionali

Queste tecniche consistono nella mappatura dell'area di studio sulla base di una o più specie licheniche. Si può mappare la distribuzione delle singole specie oppure, nell'ambito di una singola specie, si può eseguire la mappatura sulla base di un certo parametro (ad esempio la percentuale di copertura, la frequenza relativa, i tassi di fotosintesi, il grado di danneggiamento dei talli, e così via). In questo modo, un numero ridotto di specie indicatrici può essere usato per elaborare carte di valutazione del tasso di inquinamento. Tale metodo tuttavia necessita di modelli attendibili del valore come indicatori delle specie, tarati sulla base del clima dell'area di studio. In una versione più semplificata di queste tecniche, la mappatura può basarsi anche sul numero di specie presenti nelle stazioni di campionamento. Per un esempio in territorio italiano, v. Nimis (1985).

Trapianti lichenici

Queste tecniche, standardizzate da Brodo (1961) e McCune et al. (1996) e codificate anche in una linea-guida pubblicata in Germania (Verein Deutscher Ingenieure, 1991), consistono nel trapiantare in zone inquinate talli lichenici raccolti in zone non inquinate. Dopo un periodo di esposizione di durata variabile viene effettuata l'analisi delle modificazioni morfologiche e del tasso di mortalità dei talli, assieme ad altri parametri, per stimare il livello di inquinamento. Questi approcci permettono di studiare anche zone ove i licheni, principalmente proprio a causa dell'elevato tasso di inquinamento, non crescono naturalmente (aree di "deserto lichenico"); hanno però lo svantaggio di essere piuttosto laboriosi. Inoltre è spesso difficile valutare quanto le modificazioni siano dovute all'inquinamento e quanto, invece, siano una conseguenza della diversità climatica fra il sito di origine e quello di trapianto.

IL PROGETTO CSMON-LIFE E LA CAMPAGNA "LICHENI E ANTROPIZZAZIONE"

Il Progetto CSMON-LIFE (Citizen Science MONitoring, http://www.csmon-life.eu), finanziato in Italia dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE+, prevede una specifica campagna di segnalazione di alcune specie licheniche, al fine di produrre una carta del grado di antropizzazione del territorio nazionale. La campagna prevede la segnalazione di quattro specie di licheni epifiti che tollerano in misura molto diversa l'impatto antropico, ed in particolare gli inquinanti emessi dall'uomo in aree urbane e industriali. Dal meno tollerante al più tollerante, questi licheni sono: *Diploicia canescens*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata* e *Xanthoria parietina*. Schede di dettaglio su ciascuna specie sono riportate in appendice a questo capitolo. Il progetto prevede la realizzazione di mappe di distribuzione delle quattro specie. Tali mappe, una volta comparate ed analizzate, potranno dare una stima dell'impatto del traffico veicolare e del riscaldamento domestico sulla qualità dell'aria nell'area di studio. La campagna ha raccolto, a dicembre 2016, circa 2400 segnalazioni.
Oltre a coinvolgere i cittadini, questa campagna ha previsto, grazie al fondamentale supporto della Società Lichenologica Italiana, stakeholder di CSMON-LIFE, il coinvolgimento delle scuole, tramite il Concorso Nazionale "Licheni e Didattica".

Il Concorso Nazionale "Licheni e Didattica"

Per sensibilizzare le scuole sulle tematiche lichenologiche, il progetto CSMON-LIFE supporta l'organizzazione e la realizzazione del Concorso Nazionale "Licheni e Didattica" della Società Lichenologica Italiana (http://www.lichenologia.eu). Il concorso, a partecipazione gratuita, si tiene ogni anno, e premia gli studenti delle scuole primarie e secondarie italiane per il migliore progetto didattico in ambito lichenologico.

Per partecipare al concorso gli studenti devono segnalare la presenza di alcune specie licheniche epifite (*Diploicia canescens*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata* e *Xanthoria parietina*) che hanno una diversa sensibilità all'impatto umano sull'ambiente, contribuendo alla realizzazione di una mappatura della loro distribuzione sul territorio italiano secondo un approccio di *citizen science*. Le segnalazioni possono essere effettuate attraverso il sistema informatico disponibile sul sito del concorso (http://concorso.lichenologia.eu), oppure usando l'apposita app scaricabile gratuitamente su Apple Store e Google Play. Per segnalare la presenza di una delle specie tramite la web-app sul sito è necessario caricare un'immagine della specie da segnalare. Se l'immagine è stata scattata con un dispositivo che memorizza anche le coordinate del punto, queste vengono lette dal sistema. In caso contrario, la web-app chiede di selezionare il punto manualmente su una mappa. Inoltre, vengono anche richiesti i dati del segnalatore. L'uso della app per smartphone rende il processo, ovviamente, molto più semplice e rapido. L'immagine georeferenziata viene poi utilizzata da esperti lichenologi per validare la segnalazione.

Per agevolare il corretto riconoscimento delle quattro specie da parte dei partecipanti, il sito del concorso riporta una breve spiegazione sul mondo dei licheni, alcuni link a risorse disponibili on-line e quattro schede informative che descrivono le principali caratteristiche morfologiche ed ecologiche di *Diploicia canescens*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata* e *Xanthoria parietina*, contestualizzando queste specie nella problematica ambientale della campagna di segnalazione.

Ad ogni anno scolastico corrisponde una diversa campagna di segnalazione. I dati raccolti possono essere liberamente elaborati dagli studenti e inseriti all'interno di un'idea progettuale che affronti tematiche legate alla lichenologia, con la possibilità di sviluppare approfondimenti su temi quali biomonitoraggio, ecologia, licheni e monumenti, licheni e uomo, licheni nell'arte, licheni nella tradizione ecc. Nell'ambito delle campagne di segnalazione 2014/15 e 2015/16 sono stati coinvolti circa 500 studenti appartenenti a una quarantina di scuole. Nella prima campagna sono pervenute 529 segnalazioni, di cui 380 mediante il sito web, 149 tramite app. Nella seconda campagna il numero delle segnalazioni è più che raddoppiato, arrivando a 1275 segnalazioni, di cui 116 mediante il sito web, 1159 tramite app, con una netta inversione di tendenza rispetto alla campagna precedente nella scelta dello strumento di segnalazione.

Le segnalazioni sul territorio italiano appaiono piuttosto localizzate (Fig. 2), riflettendo grosso modo la posizione delle scuole partecipanti al concorso.

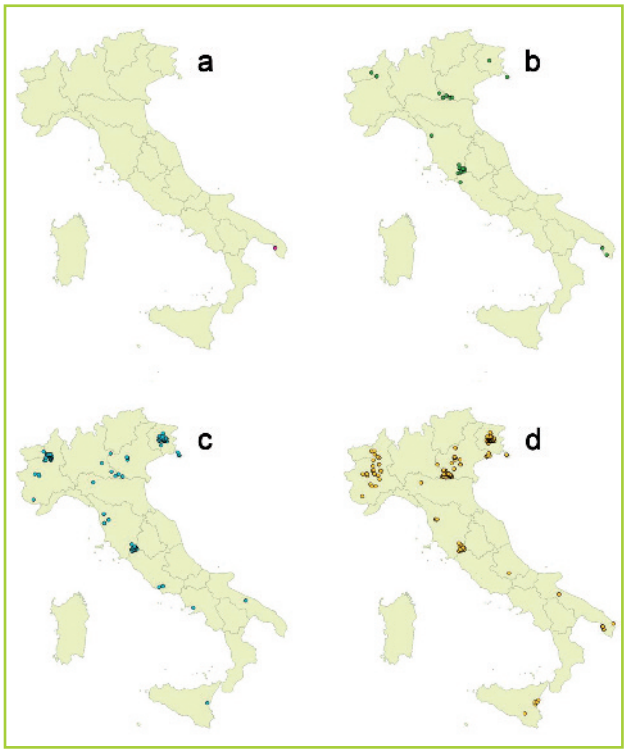


Figura 2 - Segnalazioni corrette di *Diploicia canescens* (a), *Evernia prunastri* (b), *Flavoparmelia caperata* (c) e *Xanthoria parietina* (d) nelle campagne 2014/15 e 2015/16.

Nelle campagne 2014/15 e 2015/16 rispettivamente, il 76% e il 69% delle segnalazioni sono risultate corrette. In entrambe le campagne, com'era prevedibile, essendo comunemente presente anche in aree antropizzate ed essendo facilmente riconoscibile grazie alla vivace colorazione del suo tallo, la specie con il maggior numero di segnalazioni corrette è stata *Xanthoria parietina*, seguita da *Flavoparmelia caperata* ed *Evernia prunastri*; *Diploicia canescens* invece, oltre a spiccare per il basso numero di segnalazioni, nella prima campagna non è stata mai segnalata correttamente, mentre nella seconda soltanto 4 segnalazioni su 10 erano corrette (Fig. 3).

La validazione dei dati ha presentato alcuni problemi: in molti casi le foto che corredavano la segnalazione erano sfocate o con colori falsati, oppure il soggetto era stato fotografato da una distanza eccessiva, fattori questi che non agevolavano la corretta identificazione da parte degli esperti.

BIBLIOGRAFIA

- Ammann K., Herzig R., Liebendörfer L., Urech M., 1987. Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland. Advances in Aerobiology, 51: 401-406.
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P. L., Purvis O. W., Pirinstos S., Scheidegger Ch., Van Haluwyn Ch., Wirth V., 2002. Mapping lichen diversity as an indicator of environmental

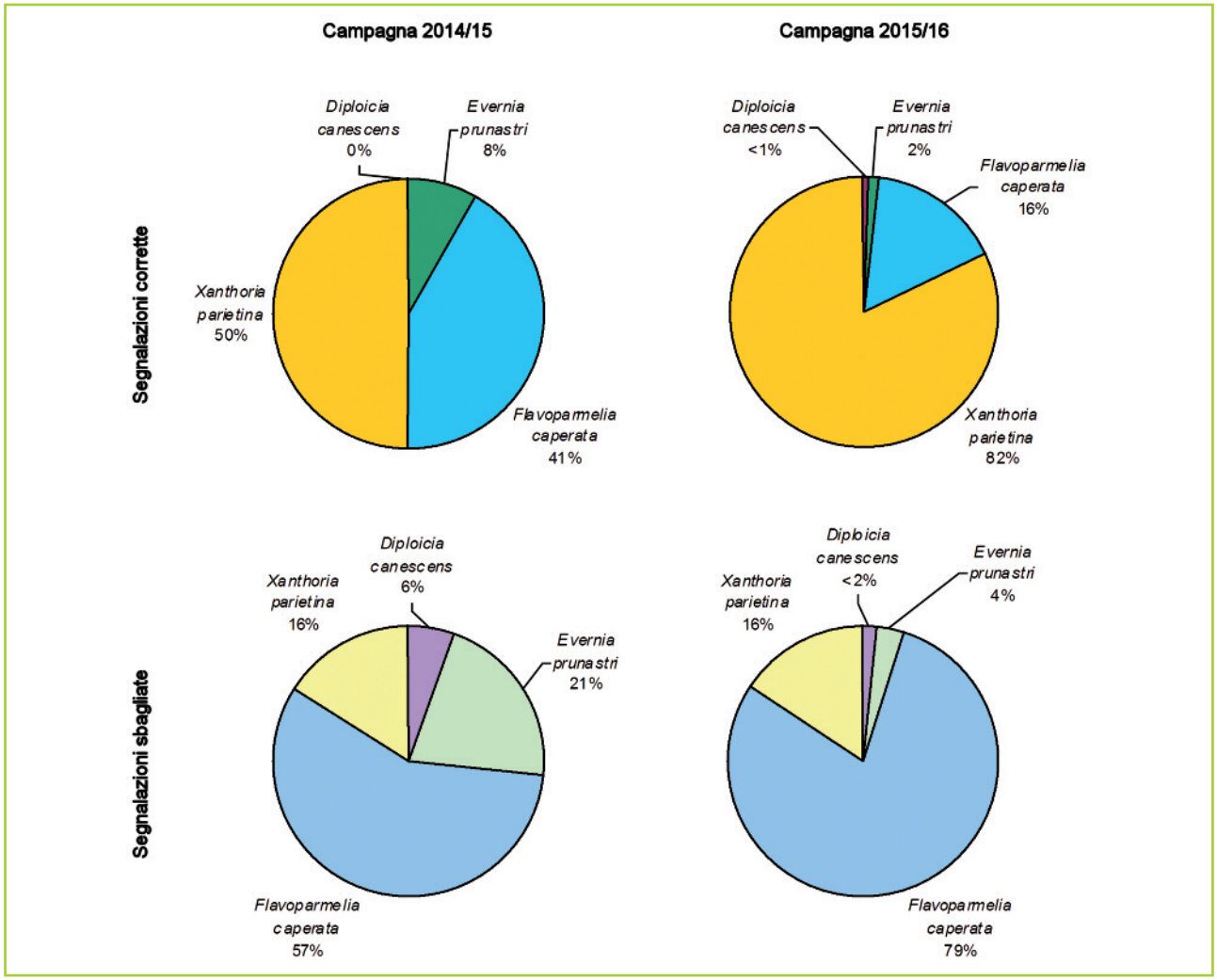
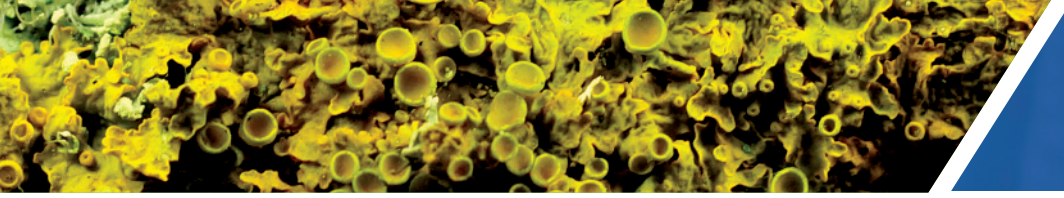
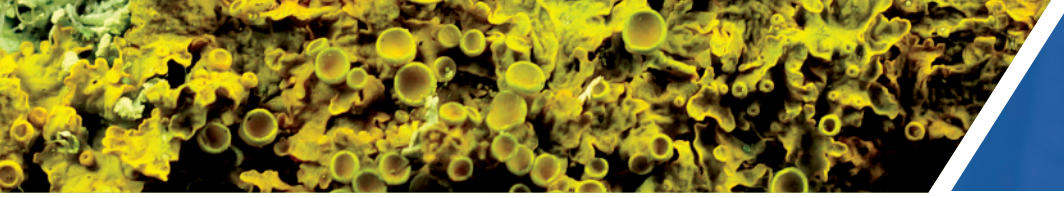


Figura 3 - Percentuali delle segnalazioni corrette e sbagliate di *Diploicia canescens, Evernia prunastri, Flavoparmelia caperata e Xanthoria parietina* nelle campagne 2014/15 e 2015/16.



quality. In: Nimis P. L., Scheidegger Ch., Wolseley P. A. (eds.), Monitoring with Lichens. Monitoring Lichens. Kluwer Academic Publishers, NATO Advanced Science Series: 273-279.

- Badin G., Nimis P. L., 1996. Biodiversity of epiphytic lichens and air quality in the Province of Gorizia (NE Italy). Studia Geobotanica, 15: 73-89.
- Bargagli R., 1998. Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer, Berlin.
- Brodo I., 1961. Transplant experiments with corticolous lichens using a new technique. Ecology, 42: 838-841.
- Brown D. H., Beckett R. P., 1984. Uptake and effect of cations on lichen metabolism. Lichenologist, 16: 173-188.
- Candotto Carniel F., 2013. Licheni e bioaccumulo: verso una norma europea. Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 26: 13.
- CEN, 2014. EN 16413:2014. Ambient air - Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity. CEN, Brussels.
- Cislaghi C., Nimis P. L., 1997. Lichens, air pollution and lung cancer. Nature, 387: 463-464.
- Clement R. E., Eiceman G. A., Koester C. J., 1995. Environmental analysis. Analytical Chemistry, 67: 221-255.
- Coppins A. M., Coppins B. J., 2002. Indices of Ecological Continuity for woodland epiphytic lichen habitats in the British Isles. British Lichen Society, London.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - suppl. ord. n. 96.
- De Sloover J., 1964. Végétaux épiphytes et pollution de l'air. Revue des Questions scientifiques, 25: 531-561.
- Farmer A. M., Bates J. W., Bell J. N. B., 1992. Ecophysiological effects of acid rain on bryophytes and lichens. In: Bates J. W., Farmer A. M. (eds.), Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. Clarendon Press, Oxford: 284-313.
- Gilbert O. L., 1986. Field evidence for an acid rain effect on lichens. Environmental Pollution, 40: 227-231.
- Giordani P., 2007. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. Environmental Pollution, 146: 317-323.
- Grindon L. H., 1859. The Manchester flora. White, London.
- Hallingbach, T. 1986. The decline of three species of *Lobaria* in Sweden. Svenks Botanisk Tidskrift, 80: 373-381.
- Hawksworth D. L., Rose L., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England an Wales using epiphytic lichens. Nature, 227: 145-148.
- Herzig R., Liebendörfer L., Urech, M., 1985. Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz (NFP 14). Methodenentwicklung in der Region Biel-Seeland. Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern.
- Herzig R., Liebendörfer L., Urech M., 1987. Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz: Methoden-Evaluation und Eichung mit wichtigen Luftschadstoffen. VDI-Berichte, 609: 619-639.
- Laundon J. R., Waterfield A., 2007. William Borrer's lichens in the Supplement to the English Botany 1829-1866. Botanical Journal of the Linnean Society, 154: 381-392.
- Manning W. J., Feder W. A., 1980. Biomonitoring air pollutants with plants. Applied Science Publishers LTD, London.
- McCune B., Derr C. C., Muir P. S., Shirazi A., Sillett S. C., Daly W. J., 1996. Lichen pendants for transplant and growth experiments. Lichenologist, 28: 161-169.
- Nieboer E., Richardson D. H. S., Tomassini F. D., 1978. Mineral uptake and release by lichens: an overview. The Bryologist, 81: 226-246.
- Nimis P. L., 1985. Urban Lichen Studies in Italy. I. The town of Trieste. Studia Geobotanica, 5: 49-74.
- Nimis P. L., 1986. Urban Lichen Studies in Italy. II. The town of Udine. Gortania, 7: 147-172.
- Nimis P. L., 1989. Urban Lichen Studies in Italy. III. The city of Rome. Braun-Blanquetia, 3: 279-286.
- Nimis P. L., 1999. Lichen Database of Italy. Version 1.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN1.0/99 (http://biobase.kfunigraz.ac.at/ flechte/owa/askitalflo).



- Nimis P. L., 2016. The lichens of Italy. A second annotated catalogue. EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste.
- Nimis P. L., Bargagli R., 1999. Linee-guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. In: Piccini C., Salvati S. (eds.), Atti del Workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. Roma 26-27 novembre 1998. ANPA, Serie Atti 2/1999, Roma: 279-289.
- Nimis, P. L., Dallai D., 1985. Lichens of hypogaeic cavities in the Apennines of Reggio-Emilia (N-Italy). Le Grotte d'Italia (4), 12: 373-382.
- Nimis P. L., Martellos S., 2001. Testing the predictivity of ecological indicator values. A comparison of real and 'virtual' relevés of lichen vegetation. Plant Ecology, 157: 165-172.
- Nimis P. L., Martellos S., 2008. ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (http://dryades.units.it/italic).
- Nimis P. L., Ciccarelli A., Lazzarin G., Bargagli R., Benedet A., Castello M., Gasparo D., Lausi D., Olivieri S., Tretiach M., 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Breganze (VI). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 16: 1-154.
- Nimis P. L., Castello M., Perotti M., 1990. Lichens as bioindicators of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). Lichenologist, 22: 333-344.
- Nimis P. L., Lazzarin A., Lazzarin G., Gasparo D., 1991. Lichens as bioindicators of SO_2 pollution in the Veneto Region (NE Italy). Studia Geobotanica, 11: 3-76.
- Nimis P. L., Ferretti M., Bini G., Bonannini M., Ferrarese R., Fornasier F., Brunialti G., Corsini A., Giordani P., Isocrono D., Mancini L., Piervittori R., Tretiach M., Visentin R., 2001. I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. Manuale ANPA. ANPA, Manuali e Linee Guida 2/2001, Roma.
- Nylander W., 1866. Les lichens du Jardin de Luxembourg. Bulletin de la Société botanique de France, 13: 364-371.
- Piccini C., Salvati S. (eds.), 1999. Atti del Workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. Roma 26-27 novembre 1998. ANPA, Serie Atti 2/1999, Roma.
- Richardson D. H. S., 1988. Understanding the pollution sensitivity of lichens. Botanical Journal of the Linnean Society, 96: 31-43.
- Roella V., Cislaghi C., Casarini P., Genoni P., Guidetti L., Zocchi A., Barbarewicz C., Borlandelli C., Schipani R., Stefanetti M., 1999. Confronto tra operatori nell'applicazione dell'indice di biodiversità lichenica: risultati e problemi. Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 12: 29-39.
- Tuominen Y., Jaakkola T., 1973. Absorption and accumulation of mineral elements and radioactive nuclides. In: Ahmadjian V., Hale M. E. (eds.), The Lichens. Academic Press, New York: 185-223.
- Turner D., Borrer W., 1839. Specimen of a Lichenographia Britannica; or, attempt at a history of the British lichens. Sloman, Yarmouth.
- Verein Deutscher Ingenieure, 1991. VDI-Richtlinie: VDI 3799 Blatt 2. Messen von Immissions-Wirkungen; Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten; Verfahren der standardisierten Flechtenexposition. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1. Beuth-Verlag, Berlin.
- Wanner H., Ammann K., Berlincourt P., Filliger P., Herzig R., Liebendörfer L., Rickli R., Urech M., 1986. Urban meteorology and air pollution in Biel-Bienne (Switzerland). International Symposium on Urban and Local Climatology, Freiburg (Br.). Freiburger Geographische Hefte, vol. 26.
- Wirth V., 1991. Zeigerwerte von Flechten. In: Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth W., Werner W., Paulißen D. (eds.), Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, 18: 215-237.
- Wirth V., 1992. Zeigerwerte von Flechten. In: Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth W., Werner W., Paulißen D. (eds.), Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, 2. Auflage. Scripta Geobotanica, 18: 215-237.
- Wirth V., 2001. Zeigerwerte von Flechten. In: Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth W., Werner W. (eds.), Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, 3. Auflage. Scripta Geobotanica, 18: 221-243.
- Wirth V., 2010. Ökologische Zeigerwerte von Flechten - erweiterte und aktualisierte Fassung. Herzogia, 23: 229-248.



© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste. Foto di Andrea Moro (CC BY-SA 4.0)

Diploicia canescens (Dicks.) A.Massal.

Nota descrittiva

Diploicia canescens è un lichene prevalentemente legato a climi miti e umidi. Normalmente cresce su roccia neutro-basica, ma nelle aree a clima più umido cresce anche sulla scorza di alberi isolati. È relativamente comune nell'Italia tirrenica e nelle Isole, soprattutto in aree costiere. È un vero lichene crostoso, dal tallo bianco candido, con lobi completamente aderenti al substrato su tutta la faccia inferiore, privi di rizine.

Descrizione morfologica

Il corpo (tallo) di questo lichene è crostoso, strettamente appressato al substrato, privo di rizine, di colore da bianco a bianco-bluastro, che può risultare verdastro quando bagnato. La forma è circolare, con lobi radianti dal centro. Presenta un rivestimento superficiale di pruina relativamente grossolana. I sorali, di colore grigiastro, possono confluire al centro del tallo. Gli apoteci sono molto rari, piccoli, lecideini, neri. Il tallo a volte è punteggiato da picnidi neri, specialmente quando presenta corpi fruttiferi.

Nota ecologica

Diploicia canescens è una specie prevalentemente mediterraneo-atlantica, legata a climi miti e umidi. Normalmente cresce su roccia neutro-basica, ma nelle aree a clima più umido cresce anche sulla scorza di alberi isolati. È relativamente comune - ma mai in aree urbane - nell'Italia tirrenica e nelle Isole, soprattutto in aree costiere, molto rara altrove.

Contestualizzazione nella problematica ambientale della campagna

Questa specie è poco tollerante alla presenza di inquinanti derivanti da attività antropiche, in particolare ai cosiddetti gas fitotossici (ossidi di azoto e anidride solforosa). Per questa ragione è rarissima ai margini delle aree urbane nell'Italia tirrenica, mentre diventa più comune in aree relativamente naturali.



© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste. Foto di Juri Nascimbene (CC BY-SA 4.0)

Evernia prunastri (L.) Ach.

Nota descrittiva

Evernia prunastri è forse il lichene fruticoso più frequente anche in aree periurbane e agricole. Quando è ben sviluppata è inconfondibile per il tallo K+ giallo vivo, nettamente bifacciale (verde di sopra e bianco di sotto), con sorali confluenti al margine dei lobi. In aree disturbate i talli sono spesso di piccole dimensioni, e in questo caso è possibile confonderla con piccoli talli di *Ramalina fastigiata*, che ha tallo K-, non bifacciale e senza sorali. *Ramalina farinacea* ha invece sorali marginali ben delimitati (ellittici o rotondi) e tallo anch'esso non bifacciale. Alcune forme di *E. prunastri* (f. *herinii*) hanno tallo grigio anziché verde di sopra.

Descrizione morfologica

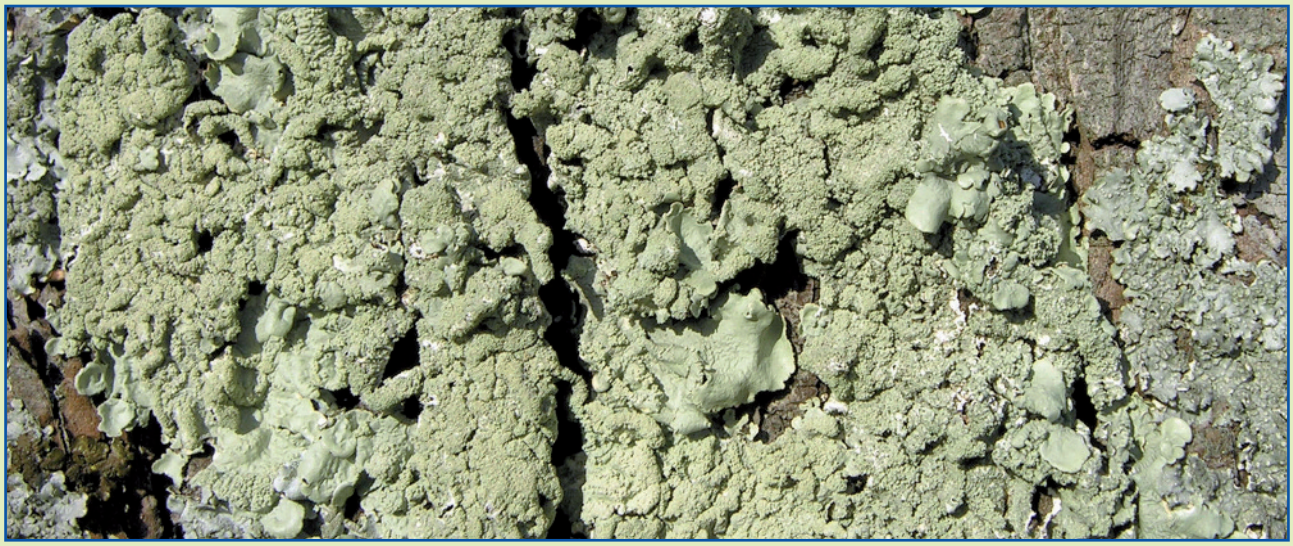
Il corpo (tallo) di questo lichene è fruticoso (ovvero assomiglia a un piccolo cespuglio, ancorato al substrato in un solo punto), di colore verde sulla faccia superiore, biancastro su quella inferiore. I sorali sono inizialmente arrotondati, marginali e/o (raramente) laminari, ma presto tendono ad espandersi e a divenire confluenti lungo i margini del tallo. Gli apoteci sono rarissimi, brevemente peduncolati, con disco rosso-brunastro. Il tallo è di colore verde-giallastro sulla faccia superiore per la presenza di acido usnico. Occasionalmente, forme prive di questo composto lichenico appaiono grigio pallide [f. *herinii* (Duvign.) D.Hawksw.].

Nota ecologica

Evernia prunastri ha l'optimum in ambienti naturali, dalle coste alla fascia subalpina. Tuttavia è forse il lichene fruticoso più frequente anche in aree periurbane e agricole. In aree disturbate i talli sono spesso di piccole dimensioni, e in questo caso è possibile confonderla con piccoli talli di *Ramalina fastigiata*, che ha tallo K-, non bifacciale e senza sorali. *Ramalina farinacea* ha anch'essa tallo non bifacciale, ma presenta sorali marginali ben delimitati (ellittici o rotondi). Alcune forme di *E. prunastri* (f. *herinii*) hanno tallo grigio anziché verde di sopra.

Contestualizzazione nella problematica ambientale della campagna

Questa specie è presente anche nelle aree periurbane relativamente disturbate. In questi casi i talli sono piccoli, poco sviluppati, ma ancora ben riconoscibili. Non sopporta una pressione antropica eccessiva, ed è assente all'interno dei grandi centri urbani.



© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste. Foto di Andrea Moro (CC BY-SA 4.0)

Flavoparmelia caperata (L.) Hale

Nota descrittiva

Flavoparmelia caperata è un lichene molto comune che, grazie ad una relativa resistenza agli inquinanti, può essere trovato anche nei pressi delle aree urbane. Cresce sui tronchi degli alberi e si presenta come una rosetta con un diametro fino a 20 centimetri, di colore verde-giallastro. Ha un tallo folioso a lobi larghi fino a 1,3 centimetri, spesso rugoso al centro negli esemplari più grandi.

Descrizione morfologica

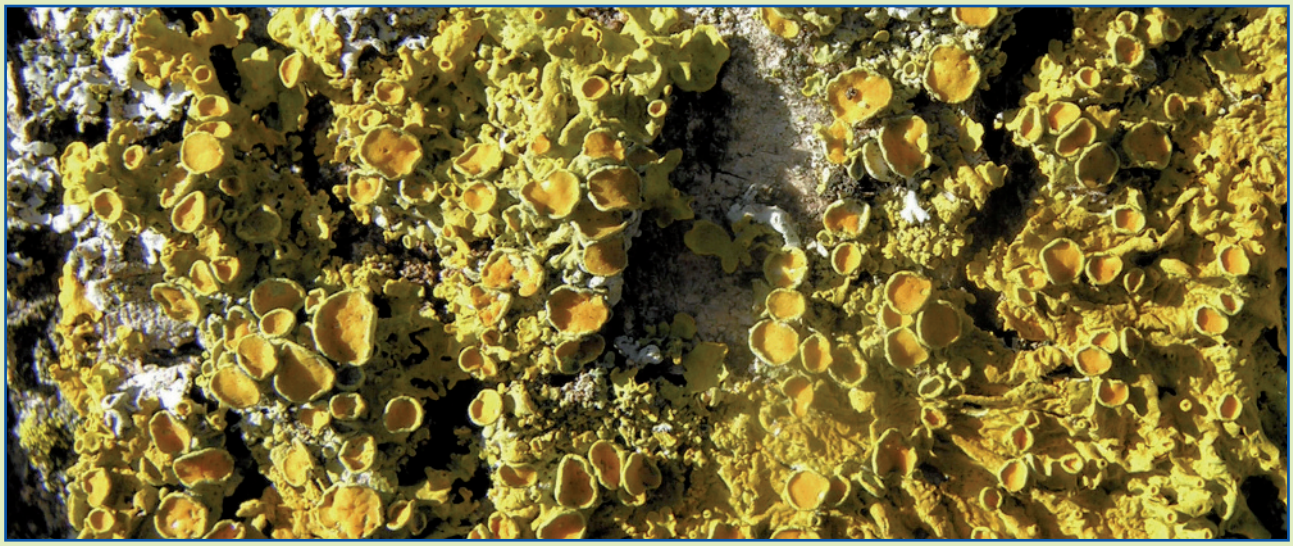
Il corpo (tallo) di questo lichene è folioso (ovvero presenta dei lobi simili a foglioline, lassamente attaccati al substrato), e forma delle rosette di diametro dai 5 ai 20 centimetri. I lobi sono larghi da 5 a 13 millimetri, e hanno gli apici arrotondati. La superficie è liscia, ma può diventare rugosa al centro negli esemplari più vecchi e grandi Questa specie si distingue bene per il colore verde-giallastro della faccia superiore del tallo (dovuto alla presenza di acido usnico), che solo nelle forme che crescono all'ombra può essere grigio-verde. La faccia inferiore è nera al centro, bruna al margine. I soredi fuoriescono da sorali di forma irregolare presto confluenti, che spesso occupano l'intera porzione centrale del tallo; gli apoteci sono molto rari.

Nota ecologica

Flavoparmelia caperata è una specie di aree a clima temperato, diffusa in tutta Italia al di sotto della fascia montana. Cresce sulla scorza subacido-subneutra di alberi isolati o in boschi molto aperti, eccezionalmente anche su roccia nelle valli alpine più continentali. È comunissima e spesso abbondante nella fascia submediterranea, salvo che sul versante orientale della Penisola, dove è un po' meno frequente. Raggiunge la fascia mediterranea in aree con clima umido. Si può confondere facilmente con la più rara *F. soredians*, con cui a volte si associa, che però ha reazioni molto diverse e caratteri morfologici un po' diversi ma facilmente apprezzabili da un occhio esperto come diagnostici.

Contestualizzazione nella problematica ambientale della campagna

Questa specie è relativamente tollerante alla presenza di inquinanti, e in particolare ai cosiddetti gas fitotossici (ossidi di azoto e anidride solforosa). La sua presenza è comunque indice di un impatto antropico modesto).



© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste. Foto di Andrea Moro (CC BY-SA 4.0)

Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.

Nota descrittiva

Xanthoria parietina è un lichene molto comune che, grazie ad una buona resistenza agli inquinanti prodotti dalle attività umane, può essere trovato di frequente anche nelle aree urbane. Cresce sui tronchi e i rami degli alberi e si presenta come una rosetta con un diametro non superiore agli 8 centimetri, di colore solitamente da giallo ad arancione. Presenta sovente dei corpi fruttiferi (apoteci) di forma discoidale, dello stesso colore del tallo.

Descrizione morfologica

Il corpo (tallo) di questo lichene è folioso (ovvero presenta dei lobi simili a foglioline, lassamente attaccati al substrato) e solitamente ha un diametro inferiore agli 8 centimetri. I lobi sono appiattiti, e generalmente non più larghi di 4 millimetri. La faccia superiore del tallo è solitamente gialla-arancione, anche se può essere di colore verde-giallastro o addirittura grigiastro negli esemplari che crescono in ombra. La superficie inferiore del tallo è biancastra e presenta delle rizine, strutture lineari che si dipartono dalla faccia inferiore e si ancorano al substrato. Questa specie si riproduce sessualmente tramite ascospore, prodotte in apoteci lecanorini, dal margine dello stesso colore della faccia superiore del tallo, e disco di colore generalmente più intenso. Le strutture riproduttive di tipo vegetativo (soredi e isidi) non sono mai presenti.

Nota ecologica

Xanthoria parietina è comunissima in tutta Italia, dal livello del mare alla fascia montana, su alberi isolati con scorza eutrofica o moderatamente eutrofizzata. Il colore varia dal giallo pallido all'arancione, ma le forme d'ombra possono essere addirittura grigiastre, e in questo caso possono ingenerare confusioni con molte altre specie. Sia pur molto raramente, su alberi sottoposti a deposizione di polveri calcaree, cresce assieme a *Xanthoria calcicola* che normalmente è epilitica: quando crescono assieme le due specie sono solitamente distinguibili a prima vista per il colore molto più intenso di *X. calcicola*.

Contestualizzazione nella problematica ambientale della campagna

Questa specie è relativamente tollerante agli inquinanti, in particolare ai cosiddetti gas fitotossici (ossidi di azoto e anidride solforosa). Tollera anche l'esposizione ad alti quantitativi di metalli pesanti. Per questa ragione può essere presente anche in aree dove l'impatto antropico ha causato la scomparsa di quasi tutte le altre specie licheniche.