

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	23 (2001)	79-91	Udine, 31.III.2002	ISSN: 0391-5859
---	-----------	-------	--------------------	-----------------

A. RUCLI, L. IANESCH

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ALTERAZIONE DELLE COMUNITÀ
LICHENICHE SU *TILIA* SPP. NELLA PIANURA FRIULANA (NE ITALIANO)

*AIR POLLUTION AND ALTERATION OF LICHEN COMMUNITIES
ON TILIA SPP. IN THE FRIULIAN PLAIN (NE ITALY)*

Riassunto breve - Il presente lavoro analizza gli effetti delle attività antropiche sulla vegetazione lichenica che si sviluppa su *Tilia* spp. L'area d'indagine si estende per 316 km² nella Bassa Pianura Friulana, in un territorio sottoposto ad agricoltura intensiva, dove la maggiore densità abitativa e produttiva si localizza nel monfalconese. Lo studio è basato su rilievi della vegetazione lichenica epifita, la metodica di campionamento è collaudata negli studi di biomonitoraggio. Sono stati effettuati 217 rilievi, quasi esclusivamente su *Tilia* spp., in 66 stazioni. Lo studio floristico ha individuato 48 specie, un numero comparabile con quelli rilevati in zone con moderate attività antropiche. La vegetazione è piuttosto omogenea e riconducibile a comunità dell'alleanza *Xanthorion parietinae*; sono state distinte 4 facies di diversa ricchezza floristica. L'indagine si completa con le mappe di distribuzione di sei specie. Nell'area di studio la distribuzione delle specie e delle comunità licheniche è influenzata da fenomeni di eutrofizzazione del substrato e di inquinamento atmosferico.

Parole chiave: Biomonitoraggio, Qualità dell'aria, Licheni, Pianura Friulana.

Abstract - *This is a study on the effects of anthropization on epiphytic lichen communities in the Friulian lowland (NE Italy), an intensively farmed area with highest density of settlements around the town of Monfalcone. The study is based on 217 relevés of vegetation, mostly on Tilia, in 66 stations, using a method widely adopted in biomonitoring studies. 48 species were identified. The vegetation is relatively homogeneous, and mostly belongs to the Xanthorion parietinae; 4 different facies have been distinguished. Distribution maps for 6 species are presented and commented on. The results indicate an effect of both eutrophication and air pollution on lichen diversity.*

Key words: Biomonitoring, Air quality, Lichens, Friulian plain.

Introduzione

Le tecniche di biomonitoraggio stimano l'alterazione, rispetto a condizioni normali, di organismi reattivi all'inquinamento (NIMIS, 1999a). I licheni, in particolare quelli epifiti, forniscono informazioni sulla qualità dell'aria in quanto: a) il loro metabolismo dipende unicamente dalle deposizioni atmosferiche secche ed umide; b) i meccanismi di selezione delle sostanze presenti all'esterno sono scarsi; c) la mancanza di una cuticola superficiale

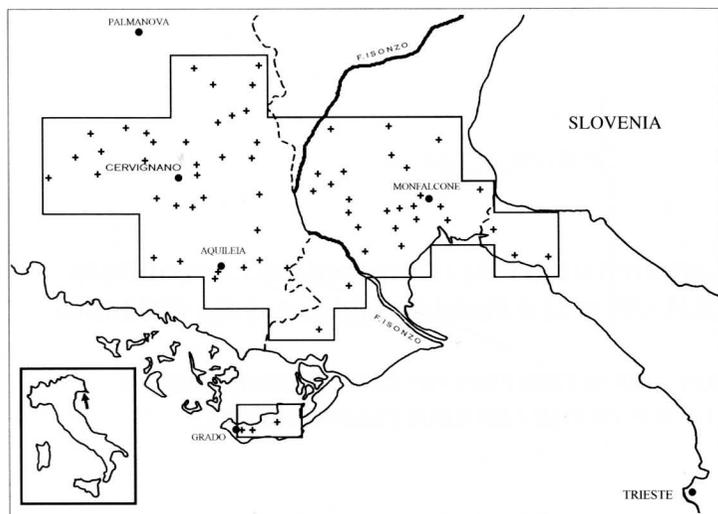


Fig. 1 - Area di studio.
- Survey area.

favorisce l'assorbimento degli elementi nutritivi e dei contaminanti atmosferici in forma gassosa, in soluzione od associati al particolato (TUOMINEN & JAANKOLA, 1973; NIEBOER et al., 1978; BROWN & BECKETT, 1985). A differenza delle piante superiori, nei licheni i processi di assorbimento avvengono su tutta la superficie del tallo nell'arco di alcuni anni. Le caratteristiche morfologiche, fisiologiche ed ecologiche fanno sì che i licheni siano tra i primi organismi a risentire della presenza di sostanze fitotossiche. Essi inoltre accumulano in concentrazioni apprezzabili i contaminanti atmosferici persistenti, ad esempio i metalli pesanti.

Scopo del lavoro è stato la verifica degli effetti delle attività antropiche sulla vegetazione lichenica epifita nel settore orientale della Bassa Pianura Friulana.

Area di studio

L'area di studio (fig. 1) si estende per 316 km² da Duino (TS) a San Giorgio di Nogaro (UD). L'area si completa con una zona circoscritta all'abitato di Grado. La parte sudorientale della Pianura Friulana, di origine alluvionale, è pressochè priva di vegetazione naturale (POLDINI et al., 1998) ed è utilizzata intensamente a fini agricoli; la seconda unità geomorfologica è una porzione del Carso Goriziano e Triestino, un altipiano calcareo con altitudine media di m 100, dove la vegetazione è caratterizzata da un livello di naturalità molto elevato rispetto alla Pianura Friulana, qui l'impatto antropico è minore, salvo limitate zone coltivate a vigneti.

Dal punto di vista climatico nell'area si assiste alla transizione dal clima marino-medi-

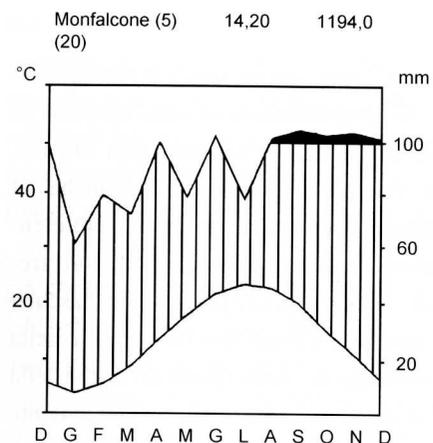


Fig. 2 - Diagramma climatico secondo Walter & Lieth relativo a Monfalcone (GO).
- Climatic diagram of Monfalcone (Province of Gorizia) according to Walter & Lieth.

Frequenza media annuale

Velocità media annuale

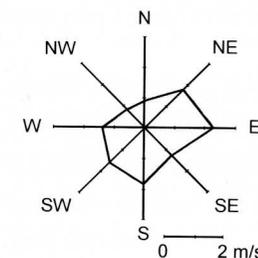
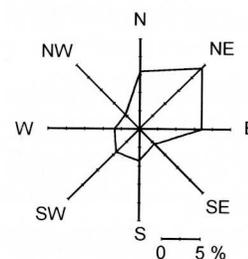


Fig. 3 - Frequenza e velocità medie annuali dei venti nella stazione meteorologica di Fossalon (GO).
- Annual average frequency and speed of main winds from the weather station of Fossalon (GO).

terraneo della costa adriatica a quello leggermente più continentale dell'interno. Come evidenziato dal climadiagramma di Monfalcone (fig. 2), le precipitazioni maggiori si verificano nei mesi autunnali e invernali, raggiungono i 1000 mm/anno sulla costa e superano i 1200 mm/anno sulla pianura; le temperature seguono un andamento annuale più regolare, aumentando progressivamente nei valori medi durante la stagione primaverile, per toccare i massimi in luglio. I venti prevalenti sono quelli da Nord-Est, in particolare sul Carso è più marcato l'influsso dei forti e freddi venti di Bora nei mesi invernali (fig. 3).

La maggiore conurbazione raggruppa i centri di Monfalcone, di Ronchi dei Legionari e di Staranzano. A tale tessuto urbano sono intrecciate attività produttive isolate e zone industriali (Lisert e Schiavetti-Brancolo). Altri poli industriali sono la cartiera Burgo a Duino, il complesso Caffaro a Torviscosa e la z.i. Ausa-Corno a San Giorgio di Nogaro. A Monfalcone è attiva una centrale termoelettrica a carbone e olio da circa 1000 Mw.

Materiali e metodi

L'indagine è stata realizzata nel settembre 1998, utilizzando una metodica di rilevamento usata negli studi di biomonitoraggio (NIMIS, 1999b). Il campionamento è stato eseguito su alberi per mezzo di un reticolo (cm 30 x 50) composto da dieci maglie rettangolari (cm 10 x 15), sistemato sul tronco in corrispondenza delle maggiori copertura e biodiversità licheniche, ad un'altezza da terra compresa tra 1 e 2 metri, evitando situazioni anomale (scorrimento preferenziale di acqua, ferite, decorticazioni). Sono state annotate le specie licheniche e la loro frequenza, espressa come numero di maglie del reticolo in cui ogni specie è presente. In ciascuna stazione sono stati effettuati da 2 a 4 rilievi su alberi diversi. La frequenza delle specie nella stazione di campionamento è stata data dalla media delle frequenze della specie nei rilievi della stessa stazione. Il rilevamento è stato ripetuto su 217 tronchi, in 66 stazioni prevalentemente su *Tilia* spp., secondariamente su *Populus nigra* o su *Acer* spp.; i tre alberi presentano scorze a reazione da subacida a subneutra.

I dati floristici sono stati organizzati in una matrice riportante le frequenze medie delle specie nelle stazioni. La matrice, trasformata in dati binari (di presenza/assenza), è stata sottoposta ad analisi multivariata utilizzando i programmi del package Mulva-4 (WILDI & ORLÒCI, 1988):

- classificazione delle specie (funzione di somiglianza: coefficiente di correlazione; algoritmo di clustering: legame completo) e delle stazioni (funzione di somiglianza: distanza euclidea; algoritmo di clustering: minima varianza) per evidenziare gruppi di specie con simile comportamento e gruppi di stazioni con analoga composizione floristica;
- ordinamento reciproco delle specie e delle stazioni per individuare eventuali gradienti ecologici e mettere in risalto le specie indicatrici.

Le carte di distribuzione delle singole specie sono state realizzate in base ai dati della matrice specie/stazioni, mediante programmi di cartografia computerizzata usando il software Surfer 6 (Golden Software Inc., 1989).

La nomenclatura segue NIMIS (1993). Le caratteristiche ecologiche delle specie sono ricavate da NIMIS (2000).

Risultati

Sono state rinvenute 48 specie licheniche. Valori di ricchezza simili sono stati riscontrati in aree moderatamente antropizzate dell'Italia Nord-orientale (NIMIS et al., 1989). Il 46 % della flora è rappresentato da licheni crostosi, il 19 % da licheni foliosi a lobi larghi (*Parmelia* spp., *Parmotrema chinense*, *Xanthoria calcicola* e *X. parietina*), il 27 % da licheni foliosi a lobi stretti (*Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Hypogymnia physodes*, *Phaeophyscia* spp., *Physcia* spp., *Physconia* spp. e *Xanthoria fallax*); due sono le forme

fruticose (*Evernia prunastri* e *Hypogymnia tubulosa*), una leprosa (*Lepraria* sp.) ed una squamulosa (*Normandina pulchella*). Tutte le specie hanno come simbionti alghe verdi di tipo clorococcoide; *Arthonia radiata*, *Graphis scripta*, *Opegrapha atra* ed *Opegrapha rufescens* hanno come simbionti alghe del genere *Trentepohlia*, che in condizioni di minore irradiazione sono capaci di migliore resa fotosintetica. Due licheni (*Lecanora pallida* e *Physcia clementei*) sono "rari" sul territorio italiano (NIMIS, 2000).

I licheni con riproduzione asessuata rappresentano quasi la metà delle specie. Come già constatato da altri Autori (DU RIETZ, 1924; HAWKSWORTH & CHAPMAN, 1971; LAUNDON, 1967; SKYE, 1968) l'inquinamento riduce la fertilità dei licheni e favorisce le specie che si propagano con soredi e/o isidi (ALMBORN, 1952). Anche la scarsità di specie rare indica un certo disturbo. Tuttavia la prevalenza di forme di crescita foliose indica che l'inquinamento atmosferico non è preoccupante.

La classificazione delle specie ha evidenziato sei gruppi principali (fig. 4).

Il gruppo A è composto da 6 specie (*Arthopyrenia punctiformis*, *Candelaria concolor*, *Phaeophyscia chloantha*, *Ph. orbicularis*, *Physconia distorta* e *Xanthoria parietina*), di cui 5 sono licheni foliosi. Si tratta di specie che richiedono substrati da debolmente a fortemente eutrofizzati e ambienti con un certo grado di xerofitismo.

Nel cluster B, nel quale si trovano 9 specie (*Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora allophana*, *Lecidella elaeochroma*, *Normandina pulchella*, *Opegrapha rufescens*, *Phaeophyscia pusilloides*, *Physcia clementei*, *Physconia grisea* e *Xanthoria calcicola*), si mantiene cospicua la presenza di licheni foliosi a lobi stretti, i quali si caratterizzano per un minor grado di xerofitismo se confrontati con quelli appartenenti al cluster A.

Delle 14 specie del gruppo C (*Amandinea punctata*, *Caloplaca cerina*, *C. cerinella*, *Candelariella xanthostigma*, *Lecania cyrtella*, *Lecanora carpinea*, *L. chlorotera*, *L. hagenii*, *L. symmicta*, *Parmelia exasperatula*, *Physcia aipolia*, *Ph. biziana*, *Rinodina sophodes* e *Xanthoria fallax*) 10 sono licheni crostosi, essi richiedono condizioni di forte irraggiamento solare diretto e di maggiore xerofitismo. A conferma di ciò è l'assenza nel gruppo di licheni con fotobionte *Trentepohlia*. Il gruppo si differenzia per la netta prevalenza di specie a riproduzione sessuale.

Il cluster D si compone di 6 specie (*Caloplaca pyracea*, *Candelariella reflexa*, *Catillaria nigroclavata*, *Lecanora pallida*, *Opegrapha atra* e *Parmelia tiliacea*), delle quali 5 hanno forme di crescita crostose e prediligono substrati tendenzialmente acidi. Nel cluster prevalgono le specie a riproduzione sessuale.

Le 5 specie del gruppo E (*Arthonia radiata*, *Parmelia caperata*, *P. subrudecta*, *Pertusaria* sp. e *Physcia adscendens*) tendono verso gli optima ecologici meglio espressi dalle specie raggruppate nel cluster F. Quest'ultimo è formato da 8 specie (*Evernia prunastri*, *Graphis scripta*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Lepraria* sp., *Parmelia subaurifera*,

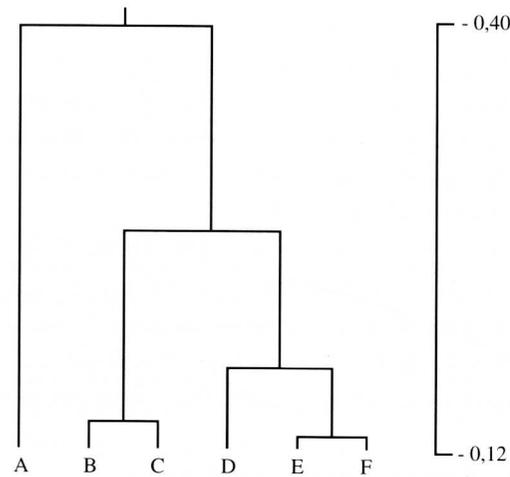


Fig. 4 - Dendrogramma dei sei gruppi principali di specie (coefficiente di correlazione e legame completo).
- Dendrogram of the six main species groups (correlation coefficient and complete linkage clustering).

P. sulcata e *Parmotrema chinense*) delle quali 2 hanno forma di crescita fruticosa e 4 foliosa con lobi larghi. Essi formano un gruppo che ecologicamente si differenzia dai primi quattro: prediligono substrati da subacidi a molto acidi, con eutrofizzazione da debole ad assente e si caratterizzano per un maggiore igrofitismo. Le specie degli ultimi due gruppi sono prevalentemente a riproduzione asessuata.

La vegetazione lichenica presenta sociazioni dell'alleanza *Xanthorion parietinae*, una delle più diffuse a livello mondiale che include sociazioni di licheni epifiti su substrati da subacidi a basici, normalmente esposti alla luce solare diretta (Nimis et al., 1989). L'agricoltura crea condizioni ideali affinché queste comunità s'instaurino su alberi isolati, esposti alla radiazione solare diretta, con eventuale apporto di nitrati derivante dalle misure di fertilizzazione.

La classificazione delle stazioni ha evidenziato 4 gruppi principali (fig. 5). Il gruppo 1 (20 stazioni) ha una florula di 25 specie e un numero medio di specie per stazione pari a 7. La vegetazione dello *Xanthorion* è molto impoverita, si mantengono elevate le frequenze delle specie nitrofitiche tipiche dell'alleanza. Le stazioni si distribuiscono centralmente nell'area di studio. Nel gruppo 2 (18 stazioni) si contano 29 specie e il numero medio di specie per stazione è 8. Il cluster rappresenta una facies leggermente arricchita da licheni crostosi come *Candelariella reflexa*, *Lecanora chlorotera* e *Amandinea punctata* e si caratterizza per l'assenza di *Physcia adscendens*. Sul territorio le stazioni si dispongono ai limiti della zona individuata dal precedente gruppo. Il gruppo 3 (11 stazioni) ha una florula di 31 specie e un numero medio di specie per stazione pari a 12. Si tratta del gruppo dove le specie caratteristiche dello *Xanthorion* sono poco rappresentate, a vantaggio di specie più acidofitiche e aeroigrofitiche; *Catillaria nigroclavata*, *Parmelia subrudecta*, *P. caperata*, *P. sulcata*, *P. subaurifera* assegnano una fisionomia di parmelieto alla vegetazione di que-

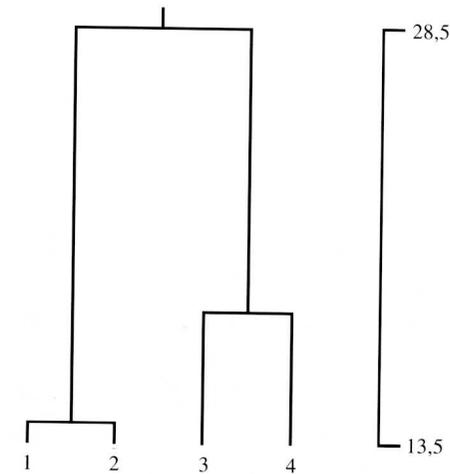


Fig. 5 - Dendrogramma dei quattro gruppi principali di stazioni (distanza euclidea e minima varianza).
- Dendrogram of the four main groups of stations (euclidean distance and minimum variance clustering).

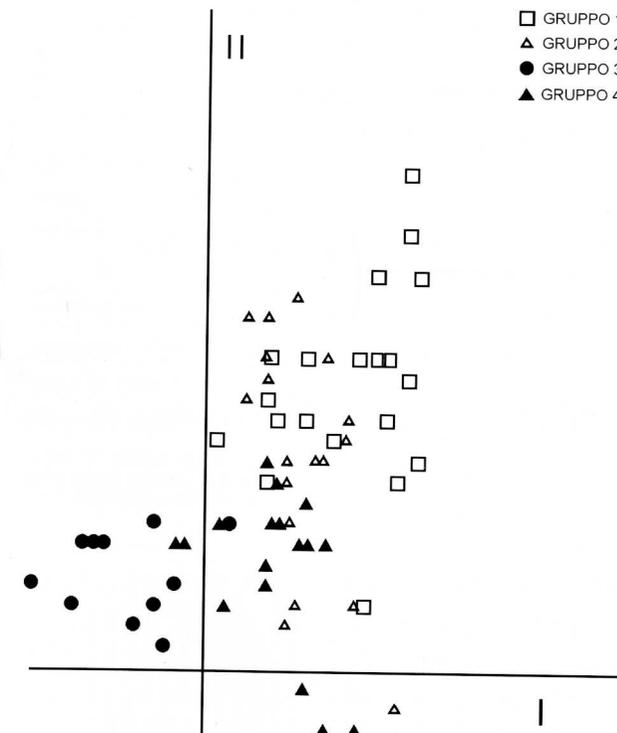


Fig. 6 - Ordinamento delle stazioni di tab. I. I simboli indicano i quattro gruppi evidenziati dalla classificazione di fig. 5, come in legenda.
- Reciprocal ordering of stations based on the data of tab. I. The symbols indicate the four main groups obtained by classification (see fig. 5), as in the legend.

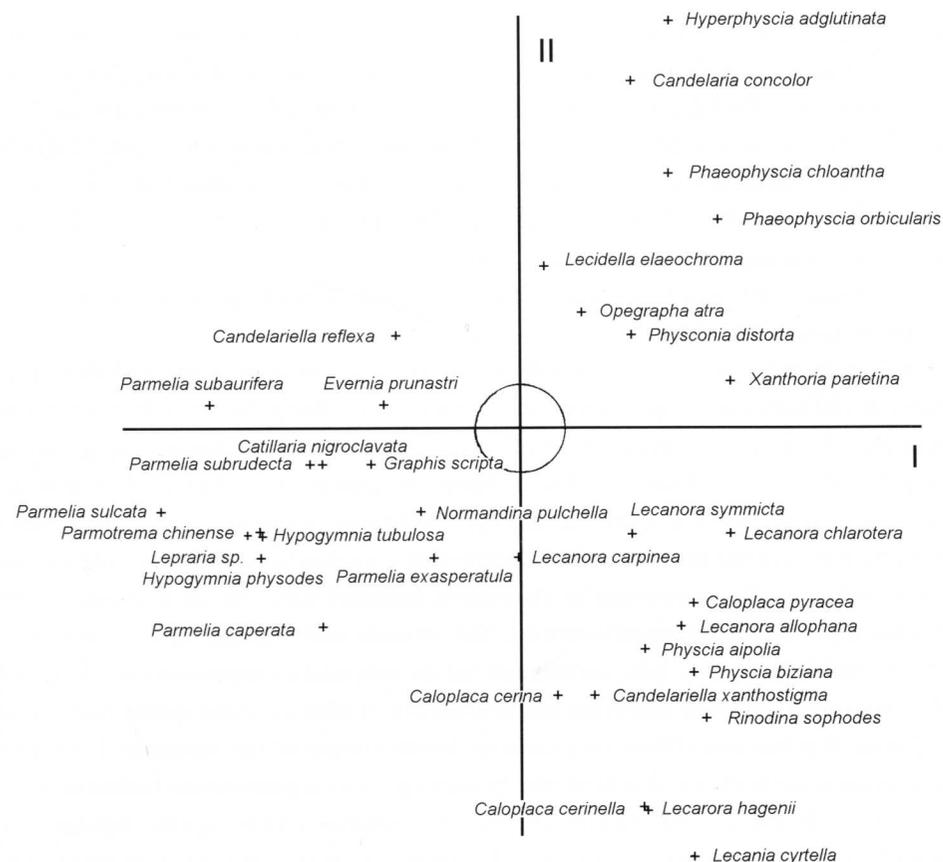


Fig. 7 - Ordinamento delle specie. I punti con alti valori assoluti su entrambe le componenti principali rappresentano le specie caratterizzanti l'ecologia delle comunità licheniche.

- Reciprocal ordering of species. The points with higher absolute values on both principal components indicate the most characteristic species of each community.

per la regione Veneto da NIMIS et al. (1989). *Physcia adscendens* (74 % delle stazioni) si dimostra relativamente poleofoba. *Xanthoria parietina* (71 % delle stazioni) è diffusa nelle zone più prossime al litorale; essa conferma un grado intermedio di poleofobia, come osservato da NIMIS (1985; 1986) nelle città di Trieste e Udine, essendo assente dai centri abitati di Aquileia e Monfalcone. *Parmelia subrudecta* s.lat. (44 % delle stazioni) ha un pattern di distribuzione congruente all'ecologia della specie: essa è maggiormente presente in pianura, frequente negli stadi eutrofici dell'alleanza *Parmelion* e negli stadi meno eutrofici dell'alleanza *Xanthorion*, sempre in situazioni di maggiore naturalità. Le specie di *Parmelion* e di *Xanthorion* hanno distribuzioni complementari, essendo le prime favorite da condizioni di maggiore naturalità e le seconde da ambienti antropizzati e

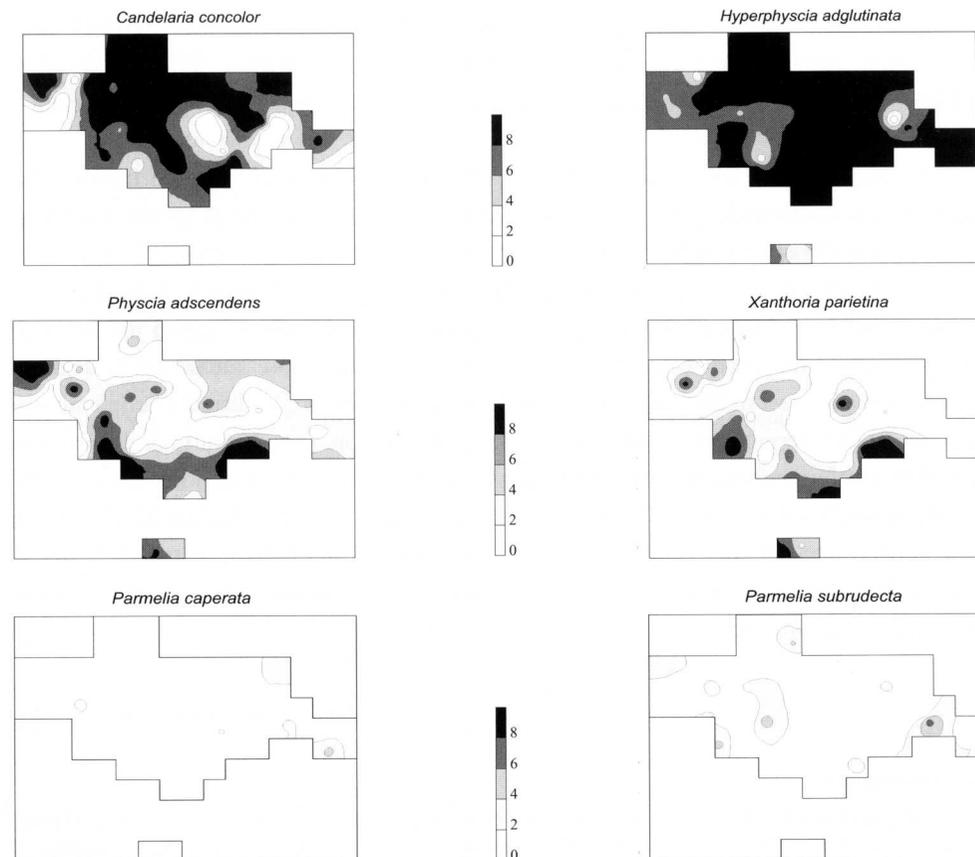


Fig. 8 - Carte di distribuzione nell'area di studio di sei licheni, basate sulla frequenza media nelle 66 stazioni di campionamento.

- Distribution maps of six species, based on their average frequencies in the 66 sampling stations.

substrati eutrofizzati. *Parmelia caperata* (29 % delle stazioni) è poco presente nelle zone antropizzate e intensamente coltivate, diversamente dalle alture dell'altopiano carsico.

Conclusioni

La flora è simile a quella rilevata da altri Autori (NIMIS et al., 1989) in prossimità di sorgenti d'inquinamento o in regioni con un uso misto del suolo, dato da un tessuto urbano lasso e produttivo inserito in un territorio con agricoltura diffusa. Le specie sono comuni in Italia. L'analisi delle loro caratteristiche biologiche suggerisce l'esistenza di moderate pressioni ambientali che ostacolano la naturale evoluzione della florula.

La vegetazione è omogenea: prevalgono i licheni caratteristici dell'alleanza *Xanthorion*, raggruppante comunità licheniche nitrofile, fotofile e piuttosto xerofile. Ad essi si aggiungono le specie tipiche di sociazioni a *Parmelia* spp. e di sociazioni a *Lecanora* spp.

Essendo la biodiversità lichenica un indice della presenza di sostanze fitotossiche, l'impovertimento floristico, evidenziato dalle minori frequenze anche di specie moderatamente poleotolleranti e tipiche di substrati eutrofici, è riconducibile a situazioni di disturbo derivanti da attività industriali (Torviscosa, Monfalcone), da riscaldamento domestico e da traffico veicolare (Monfalcone e Aquileia). I centri urbani hanno i valori più bassi di biodiversità. La mappa di *Candelaria concolor* rivela un'ulteriore situazione di degrado atmosferico ad Ovest di Monfalcone, cui probabilmente concorre la ricaduta delle emissioni della centrale termoelettrica di Monfalcone. *Parmelia* spp. sono assenti nei distretti più degradati, confermandone il comportamento poleofobo, esse sono buone indicatrici di condizioni naturali nel contesto d'indagine. I risultati indicano che le variazioni floristiche della vegetazione sono determinate dall'eutrofizzazione del substrato apportata dalle attività agricole e dall'inquinamento atmosferico, similmente a quanto rilevato nella pianura veneta (NIMIS et al., 1989).

Manoscritto pervenuto il 29.I.2001.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Ricercatori del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Trieste, in particolare il prof. P.L. Nimis, il prof. M. Tretiach, la dott.ssa M. Castello e il sig. F. Bersan. Il presente studio è stato finanziato su fondi MURST ex 40 % (Resp. prof. P.L. Nimis).

Bibliografia

- ALMBORN O., 1952 - A key to sterile corticolous crustaceous lichens occurring in South Sweden. *Bot. Not.*, 3: 239-263.
- BROWN D.H. & BECKETT R.P., 1985 - The role of the cell wall in the intracellular uptake of the cations by lichens. In: BROWN D.H. (ed.) - Lichen physiology and cell biology. *Plenum Press*: 247-258.
- DU RIEZ G.E., 1924 - Die Soredien und Isidien der Flechten. *Svensk Botanisk Tidskr.*, 18: 371-396.
- HAWKSWORTH D.L. & CHAPMAN D.S., 1971 - *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf and its chemical races in the British Isles. *Lichenologist*, 5: 21-24.
- LAUNDON J.R., 1967 - A study of the lichen flora of London. *Lichenologist*, 3: 277-327.
- NIEBOER E., RICHARDSON D.H.S. & TOMASINI F.D., 1978 - Mineral uptake and release by lichens: an overview. *Bryologist*, 81: 226-246.
- NIMIS P.L., 1985 - Urban Lichen Studies in Italy. Ist: the town of Trieste. *Studia Geobot.*, 5: 49-74.
- NIMIS P.L., 1986 - Urban Lichen Studies in Italy. IInd: the town of Udine. *Gortania*, 7: 147-172.
- NIMIS P.L., 1993 - The Lichens of Italy. An annotated catalogue. *Mus. Reg. Sc. Nat. Torino, Monografie*, 12, pp. 897.
- NIMIS P.L., 1999a - Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia. *Atti del Workshop.*

- Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*, a cura di C. Piccini e T. Salvati, ANPA, Roma, Serie Atti 2: 173-189.
- NIMIS P.L., 1999b - Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. *Atti del Workshop. Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*, a cura di C. Piccini e T. Salvati, ANPA, Roma, Serie Atti 2: 267-277.
- NIMIS P.L., 2000 - Checklist of the Lichens of Italy 2.0. *University of Trieste, Dept. of Biology, IN2.0/2* (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/web/lich/asktsbfine>).
- NIMIS P.L., CICCARELLI A., LAZZARIN G., BARGAGLI R., BENEDET A., CASTELLO M., GASPARO D., LAUSI D., OLIVIERI S. & TRETACH M., 1989 - I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Breganze (VI). *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, 16, pp. 154.
- POLDINI L., ORIOLO G. & MAZZOLINI G., 1998 - The segetal vegetation of vineyards and crop fields in Friuli-Venezia Giulia (NE Italy). *Studia Geobot.*, 16: 5-32.
- SKYE E., 1968 - Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta Phytogeogr. Suec.*, 50: 285-287.
- TUOMINEN Y. & YAAKKOLA T., 1973 - Absorption and accumulation of elements. In: AHMADJIAN V. & HALE M.H. (eds.) - The lichens. *Academic Press*: 185-223.
- WILDI O. & ORLÒCI L., 1988 - Mulva-4. A package for multivariate analysis of vegetation data. *Birmensdorf*, pp. 79.

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- dott. Alessandro RUCLI
Via G. Cantore 42, I-33090 VALERIANO (PN)
e-mail: ruclial@libero.it
- dott. Luca IANESH
Via Fratelli Cossar 16/4, I-34170 GORIZIA