

Ann. Mus. civ. Rovereto	Sez.: Arch., St., Sc. nat.	Suppl. Vol. 14 (1998)	95-112	2000
-------------------------	----------------------------	-----------------------	--------	------

MARCELLO TOMASELLI & MATTEO GUALMINI

GLI ELEMENTI COROLOGICI NELLA FLORA DI ALTITUDINE DELL'APPENNINO TOSCO-EMILIANO

Abstract - MARCELLO TOMASELLI & MATTEO GUALMINI - The chorological elements in the summit flora of the Tuscan-Emilian Apennines.

The summit flora of the Tuscan-Emilian Apennines consists of 402 species, subdivided into 32 chorological elements. These basic chorological elements are grouped within 7 more inclusive chorotypes. The chorological spectrum is calculated based on both basic and more inclusive chorotypes. The floristic composition of each chorological element is briefly analyzed, paying attention to the species of more relevant phytogeographic value. Moreover, each chorological element is characterized according to the coenological barycenter of the corresponding species. On this basis a matrix with the distribution of the 7 chorological elements within 18 phytocoenoses is calculated. On this matrix both entropy and relativized entropy according to Shannon's formula were calculated, for detecting respectively both the dispersal and the evenness level of each chorological element within vegetation. Furthermore, the double of the mutual information (2I) is calculated for detecting the significant correlations between chorological elements and phytocoenoses.

Key words: Chorological elements, Summit flora, Tuscan-Emilian Apennines.

Riassunto: MARCELLO TOMASELLI & MATTEO GUALMINI - Gli elementi corologici nella flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano.

Gli autori individuano 32 elementi corologici presenti nella flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano, che, allo stato attuale delle conoscenze, è costituita da 402 specie. Questi 32 elementi di base vengono raggruppati in 7 corotipi più ampi. Lo spettro corologico viene calcolato sulla base sia dei corotipi di dettaglio che di quelli più ampi. Ciascun elemento viene brevemente analizzato nella sua composizione floristica, mettendo in evidenza le specie costitutive di maggior valore fitogeografico e caratterizzato in senso ecologico, individuando il baricentro cenologico delle specie all'interno di 18 unità vegetazionali. Viene poi costruita una matrice che riporta la distribuzione dei 7 corotipi principali nei 18 tipi vegetazionali. Il livello di dispersione e il grado di uniformità distributiva dei sette elementi corologici all'interno della vegetazione viene valutato attraverso il calcolo dell'entropia e dell'entropia relativa secondo la formula di Shannon. Infine la significatività delle correlazioni tra corotipi e unità vegetazionali è testata attraverso il calcolo del doppio della mutua informazione.

Parole chiave: Elementi corologici, Flora soprasilvatica, Appennino tosco-emiliano.

Negli ultimi venti anni la ricerca corologica sulla flora italiana ha ricevuto un nuovo impulso dalla realizzazione di banche dati floristiche (POLDINI & VIDALI, 1991; POLDINI *et alii*, 1991; TOMASELLI & AGOSTINI, 1994; PIGNATTI *et alii*, 1996), che consentono di accumulare un gran numero di dati distributivi e di elaborarli poi in modo rapido per una rappresentazione cartografica mediante computer (POLDINI, 1991; PROSSER & FESTI, 1991; ALESSANDRINI & BONAFEDE, 1996). Su questa base strumentale si è venuto parallelamente affermando l'impiego di metodologie quantitative basate sulla statistica multivariata, adottate allo scopo di definire gruppi di specie a distribuzione geografica simile (NIMIS & BOLOGNINI, 1991; BOLOGNINI & NIMIS, 1991, 1993, BOLOGNINI *et alii*, 1994). L'adozione di queste metodologie è stata indubbiamente favorita dalla pubblicazione di importanti atlanti corologici (MEUSEL *et alii*, 1965, 1978; HULTEN & FRIES, 1986) che hanno considerevolmente accresciuto le conoscenze sulla distribuzione geografica generale delle specie vegetali viventi nell'emisfero boreale.

L'applicazione estensiva delle metodologie quantitative per la definizione degli elementi corologici nell'ambito della flora italiana ha tuttavia trovato finora oggettive limitazioni che ne hanno impedito una diffusione generalizzata. Tali limitazioni sono in primo luogo imposte dal grado ancora insoddisfacente di conoscenze tassonomiche relative a diversi generi che condiziona negativamente l'analisi distributiva. A ciò si aggiunge che i gruppi corologici ottenuti per via numerica mantengono un'elevata significatività e predittività ecologica e storica solo se ottenuti a partire da check-list floristiche notevolmente ampie. Per queste ragioni in alcuni recenti contributi fitogeografici a carattere territoriale le metodologie quantitative per le elaborazioni dei dati distributivi sono state applicate per così dire «a posteriori» su elementi corologici definiti ancora in modo tradizionale attraverso un'interpretazione soggettiva, sia pure rigorosa, dei dati di letteratura (POLDINI, 1991; TOMASELLI & AGOSTINI, 1994).

Il presente studio si inserisce su questa linea e costituisce la naturale continuazione dell'indagine fitogeografica sulla flora di altitudine dell'Appennino settentrionale avviata da TOMASELLI & AGOSTINI (1994). Rispetto a questo contributo l'area di studio è stata tuttavia ridotta, limitandola all'Appennino tosco-emiliano. Lo stimolo a riprendere l'analisi corologica ci è stato fornito dalla prosecuzione del censimento floristico in quest'area che ha portato all'acquisizione di nuovi dati, con conseguente incremento del numero di specie inserite nella banca dati. L'occasione ci ha anche fornito lo spunto per una caratterizzazione ecologica degli elementi corologici individuati, basata sulla definizione dell'habitat delle specie presenti nei vari elementi. Si è infine cercato di valutare le caratteristiche di dispersione e di uniformità della distribuzione degli elementi corologici nei diversi ambienti vegetazionali e di stimare la significatività delle correlazioni tra corotipi e habitat.

AREA DI STUDIO

Procedendo da Nord-Ovest verso Sud-Est, l'Appennino settentrionale può essere suddiviso in tre settori, distinti per posizione geografica, litologia e caratteristiche macroclimatiche. Tali settori sono rispettivamente denominati Appennino ligure-emiliano, Appennino tosco-emiliano e Alpi Apuane. La nostra analisi corologica interessa il settore più elevato dell'Appennino tosco-emiliano, corrispondente al tratto compreso tra il Passo della Cisa a Nord-Ovest e la Valle del Reno a Sud-Est ed ha per oggetto la flora delle aree situate al di sopra dei 1700 m di altitudine, quota prescelta in quanto generalmente coincidente col limite attuale del bosco.

Nell'area di studio il substrato geologico prevalente è costituito da formazioni arenacee (Macigno e Arenarie di M. Modino) e marnoso-arenacee (Arenarie di M. Cervarola), modellate in passato da processi glaciali e periglaciali ed attualmente soggette soprattutto a processi di degradazione di versante. Il clima è scarsamente documentato in quanto i dati disponibili provengono da una sola stazione di rilevamento, posta a M. Cimone (2165 m), l'unica dislocata sopra il limite del bosco. In questa stazione sono state registrate una temperatura media annua di 2,1 °C e precipitazioni medie annue di 818 mm, basandosi sui dati raccolti nel ventennio 1958-1978.

Le aree soprasilvatiche dell'alto Appennino settentrionale sono caratterizzate da un'elevata diversità fitocenologica. Le comunità vegetali più diffuse sono rappresentate da brughiere a mirtillo, riconducibili a due distinte associazioni (*Hypericoricheri-Vaccinietum gaultherioidis*, *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*), dominanti sui versanti settentrionali e da praterie a *Brachypodium genuense* (*Anthoxantho-Brachypodietum genuense*), diffuse soprattutto lungo i versanti esposti a Sud. Meno frequenti ed estesi risultano i pascoli a nardo, inquadrati in tre distinte associazioni (*Geo montani-Nardetum*, *Violo cavillieri-Nardetum*, comunità a *Nardus stricta* e *Luzula alpino-pilosa*) e le praterie a *Trifolium thalii* e *Festuca puccinellii* (*Trifolio thalii-Festucetum puccinellii*), confinate alle aree con affioramenti marnosi. Le altre comunità vegetali, corrispondenti a vallette nivali, cenge, rupi, falde detritiche, ambienti umidi, aree a disturbo antropico, megaforbieti, radure al limite superiore del bosco e praterie di cresta, ricoprono, sia prese singolarmente che nel loro insieme, superfici quantitativamente trascurabili. Esse costituiscono tuttavia la principale riserva di biodiversità vegetale di tutto il crinale appenninico tosco-emiliano (TOMASELLI, 1996).

MATERIALI E METODI

La banca dati floristica relativa all'alto Appennino tosco-emiliano comprende attualmente 402 specie, denominate secondo PIGNATTI (1982) con alcune

eccezioni. Le eccezioni riguardano le specie appartenenti alla famiglia delle *Orchidaceae*, i generi *Brachypodium* e *Saxifraga* e *Carex nigra* per cui si è fatto rispettivamente riferimento a PERAZZA (1992), LUCCHESI (1987), WEBB & GORNALL (1989) e CHATER (1980). Alle 391 specie già incluse in precedenza ed utilizzate per l'analisi corologica da TOMASELLI & AGOSTINI (1994), ne sono state aggiunte 11, utilizzando sia fonti bibliografiche (FOGGI & ROSSI, 1996), che reperti d'erbario, derivanti da raccolte di Alessandrini (Bologna), Foggi (Firenze), Rossi (Pavia), Tomaselli e Gualmini (Parma).

Anche per le specie aggiunte gli elementi corologici sono stati attribuiti secondo i criteri precedentemente adottati da TOMASELLI & AGOSTINI (1994). Tali criteri prevedono una sostanziale revisione dei tipi definiti da PIGNATTI (1982), modificati alla luce dei più dettagliati dati distributivi forniti da HESS et alii (1967-72) e infine parzialmente riclassificati e ridenominati secondo criteri originali. I corotipi così definiti sono stati poi raggruppati in categorie più ampie a scopo di sintesi.

La dispersione degli elementi corologici nei diversi tipi di habitat della fascia soprasilvatica è stata valutata in primo luogo individuando, per ciascuna delle 402 specie considerate, il baricentro cenologico, sulla base di dati ricavati da tabelle fitosociologiche ancora inedite, integrati da osservazioni di campagna. Le specie sono risultate ripartite tra 18 diversi tipi di comunità vegetali, indicate di seguito con sigle desunte dalle iniziali della classe fitosociologica di appartenenza: 1) AT (*Asplenietea trichomanis*), comunità rupicole; 2) TR (*Thlaspietea rotundifolii*), comunità di falde detritiche; 3) PO (*Potametea*), comunità di rizofite; 4) PH (*Phragmitetea*), comunità di elofite; 5) LI (*Littorelletea*), comunità anfibia di acque basse; 6) SC (*Scheuchzerio-Caricetea nigrae*), comunità di torbiera; 7) MC (*Montio-Cardaminetea*), comunità di sorgenti e ruscellamenti; 8) SH (*Salicetea herbaceae*), comunità di valletta nivale; 9) AV (*Artemisietea vulgaris*) comunità erbacee nitrofitiche; 10) PM (*Plantaginetea majoris*) comunità erbacee in aree soggette a calpestio; 11) MA (*Molinio-Arrhenatheretea*), prati-pascoli da mesofitici ad igrofitici; 12) FB (*Festuco-Brometea*), praterie termo-xerofitiche, per lo più secondarie; 13) NC (*Nardo-Callunetea*), pascoli acidofitici; 14) SV (*Seslerietea variae*), pascoli pingui e lembi di praterie di cengia su marne; 15) JT (*Juncetea trifidi*) praterie primarie crio-xerofitiche di cresta; 16) MU (*Mulgedio-Aconitetea*), comunità di alte erbe; 17) EA (*Epilobietea angustifolii*), comunità erbacee di schiarite al limite superiore del bosco; 18) VP (*Vaccinio-Piceetea*), brughiere ad ericacee.

Il grado di dispersione di ciascun elemento corologico nelle 18 fitocenosi è stato stimato attraverso il calcolo dell'entropia secondo la formula proposta da SHANNON (1948):

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

dove p_i è la frequenza relativa dell'elemento corologico nella fitocenosi i -esima e n il numero totale delle fitocenosi. È stata poi calcolata l'entropia relativa o indice di uniformità data dal rapporto H/H_{\max} , dove H_{\max} rappresenta l'entropia massima per ciascun elemento corologico. Infine il calcolo del doppio della mutua informazione (2I) (FEOLI *et al.*, 1984) ha consentito di verificare la significatività delle correlazioni tra corotipi e unità vegetazionali.

ELEMENTO COROLOGICO	Fr%
COSMOPOLITE	4.2
Cosmopolite	2.5
Subcosmopolite	1.7
BOREALI	24.6
Circumboreali	10.9
Eurosibiriche	6.5
Europeo-Nordamericane	0.7
Artico-alpine	6.5
EURASIATICHE	16.2
Eurasiatiche	6.7
Europee	7.3
Centroeuropree	0.5
Ovesteuropree	0.3
Esteuropree	0.7
Sudeuropree	0.7
MEDITERRANEE	1.2
Eurimediterranee	1.2
OROFITE CENTROEUROPEE	40.3
Orofite eurasiatiche	1.7
Orofite europee	2.5
Orofite europee occidentali	0.3
Orofite centroeuropree	18.2
Orofite centroeuropree occidentali	6.5
Orofite centroeuropree orientali	4.0
Orofite alpico-appenniniche	0.7
Orofite ovestalpico-appenniniche	1.2
Orofite estalpico-appenniniche	0.3
Endemiche alpine	2.2
Endemiche ovestalpine	2.7
OROFITE SUDEUROPEE	7.5
Orofite sudeuropree	2.2
Orofite sudeuropree centrali	1.5
Orofite sudeuropree occidentali	1.1
Orofite sudeuropree orientali	2.7

continua

segue

ELEMENTO COROLOGICO	Fr%
ENDEMICHE APPENNINICHE	6.0
Endemiche appenniniche	2.8
Endemiche nordappenniniche	0.5
Endemiche appenniniche tosco-emiliane	1.5
Endemiche apuaniche	1.2

Tab. 1 - Spettro corologico della flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano.

RISULTATI

Lo spettro corologico relativo alle 402 specie attualmente identificate con certezza come appartenenti alla flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano (Fig. 1; Tab. 1) non presenta sostanziali differenze rispetto a quello calcolato su 391 specie da TOMASELLI & AGOSTINI (1994), a dimostrazione di un elevato grado di rappresentatività raggiunto dai dati floristici già al precedente livello di campionamento. L'elemento corologico largamente prevalente è quello orofitico centroeuropeo che supera di poco la frequenza del 40%, cui fa seguito l'elemento boreale che sfiora il 25%. Nel loro insieme i due elementi rappresentano i due terzi dello spettro corologico, comprendendo specie relativamente microterme che trovano nei diversi habitat della fascia soprasilvatica il loro ambito ottimale di diffusione. Frequenza superiore al 10% presenta anche l'elemento eurasiatico formato da specie diffuse anche nella fascia montana sottostante. L'elemento orofitico sudeuropeo, comprendente le specie con baricentro corologico centrato sui principali sistemi montuosi delle penisole sudeuropee e quello endemico appenninico presentano frequenze comprese tra il 5 e il 10%, mentre quello cosmopolitico ha frequenza di poco inferiore al 5%. L'incidenza dell'elemento mediterraneo è infine, prevedibilmente, trascurabile (di poco superiore all'1%).

L'analisi dettagliata degli elementi corologici e della loro composizione floristica viene svolta di seguito, a partire dai corotipi con maggiore ampiezza geografica. L'elemento cosmopolitico è rappresentato nella flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano da 17 specie (10 cosmopolite e 7 subcosmopolite). Comprende entità di ambienti umidi (*Potamogeton natans*, *Carex canescens*, *C. nigra*, *Triglochin palustre*) e specie sinantropiche nitrofile, igronitrofile o di aree soggette a calpestio (*Urtica dioica*, *U. urens*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*). Il contingente di pteridofite è piuttosto consistente ed è rappresentato da specie rupicole (*Asplenium trichomanes*, *Cystopteris fragilis*), da specie che nella fascia soprasilvatica dell'Appennino tosco-emiliano si concentrano nelle pietraie sta-

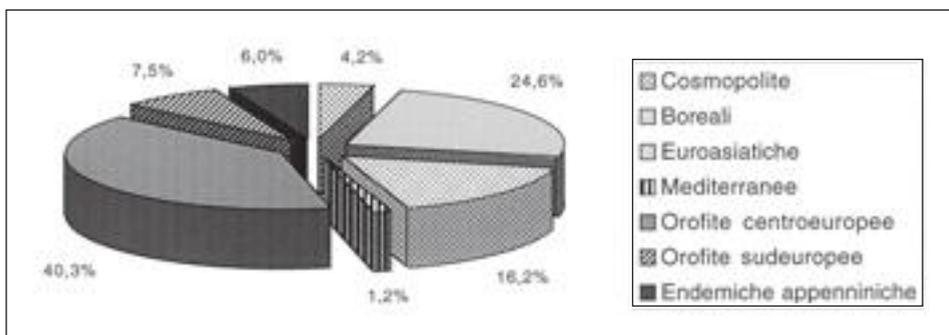


Fig. 1 - Frequenze relative dei 7 principali elementi corologici nella flora d'altitudine dell'Appennino tosco-emiliano.

bilizzate a grossi clasti (*Athyrium filix-foemina*, *Dryopteris filix-mas*) e da *Botrychium lunaria*, diffuso nelle praterie dei *Nardo-Callunetea*.

L'elemento boreale (99 specie) è costituito in prevalenza da entità a distribuzione circumboreale (44 specie), da un consistente numero di entità eurosibiriche ed artico-alpine (26 specie per ambedue i corotipi) e da tre specie europeo-nordamericane (Tab. 1; Fig. 2a).

All'elemento circumboreale appartengono principalmente specie legate agli ambienti di torbiera, comprendenti, tra le altre, alcune entità al limite meridionale della loro distribuzione in Italia (*Trichophorum alpinum*, *T. caespitosum*, *Juncus filiformis*) e pteridofite confinate agli anfratti freschi e umidi compresi tra i grossi clasti arenacei delle falde stabilizzate, tra cui citiamo *Athyrium distentifolium*, *Dryopteris expansa* e *Polystichum lonchitis*. Ben rappresentate sono anche le specie delle brughiere a mirtillo (*Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Lycopodium annotinum*) e quelle dei pascoli a nardo (*Festuca rubra* subsp. *commutata*, *Antennaria dioica*, *Gnaphalium sylvaticum*).

Le 26 specie eurosibiriche si distribuiscono fondamentalmente nei prati-pascoli, nei pascoli riferibili ai *Nardo-Callunetea* (brachipodieti e nardeti) e, in minor misura, nelle brughiere ad ericacee. Tra le specie legate alle formazioni dei *Nardo-Callunetea* ricordiamo *Potentilla erecta*, *Nardus stricta* e *Hieracium pilosella*, tra quelle dei prati-pascoli *Achillea millefolium* e *Trifolium repens* e, nelle stazioni più umide, *Polygonum bistorta* e *Sanguisorba officinalis*. La specie eurosibirica più diffusa nelle brughiere a ericacee è *Vaccinium myrtillus*.

Le specie a distribuzione europeo-nordamericana sono rappresentate da *Carex stellulata*, *Luzula multiflora* e *Saxifraga paniculata*.

Nell'ambito dell'elemento artico-alpino il contingente più ricco (7 entità) è costituito dalle specie che si concentrano nelle vallette nivali (*Salix herbacea*, *Cerastium cerastioides*, *Sibbaldia procumbens*, *Veronica alpina*, *Gnaphalium*

supinum, *Lychnis alpina*, *Epilobium anagallidifolium*). Le altre entità artico-alpine si distribuiscono principalmente nella vegetazione crio-xerofitica delle creste sommitali (*Cerastium alpinum*, *Juncus trifidus*, *Veronica fruticans*, *Carex rupestris*) e nelle praterie a *Trifolium thalii* e *Festuca puccinellii* (alleanza *Caricion ferrugineae*, classe *Seslerietea variae*) (*Polygonum viviparum*, *Alchemilla alpina*, *Gentiana nivalis*). Alcune delle specie sopracitate (*Gnaphalium supinum*, *Lychnis alpina*, *Cerastium alpinum*) hanno nell'Appennino tosco-emiliano il loro limite meridionale di distribuzione in Italia.

L'elemento eurasiatico è costituito nel suo complesso da 65 specie, di cui la quasi totalità ripartite tra le eurasiatiche s.s.(27) e le europee (29) (Tab. 1; Fig. 2b). Circa la metà di queste specie (32) si distribuisce nei pascoli acidofitici dei *Nardo-Callunetea* e nelle praterie termo-xerofitiche dei *Festuco-Brometea*.

Nell'elemento eurasiatico inteso in senso stretto la maggior parte del ricco contingente di specie con baricentro cenologico nelle associazioni dei *Nardo-Callunetea* si concentra nei pascoli dominati da *Brachypodium genuense* (*Agrostis tenuis*, *A. vinealis*, *Allium lusitanicum*, *Lilium martagon*, *Genista tinctoria*). Ben rappresentato è anche il contingente delle specie localmente concentrate nei prati-pascoli dei *Poo alpinae-Trisetetalia* (classe *Molinio-Arrhenatheretea*) (*Cerastium holosteoides* subsp. *triviale*, *Linum catharticum*, *Ajuga reptans*, *Knautia arvensis*, *Lotus corniculatus*).

Nell'elemento europeo le specie legate alle formazioni erbacee dei *Nardo-Callunetea* risultano ancora predominanti. Anche in questo caso la maggior parte di esse si localizza nelle praterie dominate da *Brachypodium genuense* (*Alchemilla glaucescens*, *Bupleurum falcatum* subsp. *cernuum*, *Festuca juncea*, *F. heteromalla*). L'unica specie di questo contingente che gravita nelle associazioni dominate da *Nardus stricta* è *Carex pilulifera*. Le specie legate alle praterie termo-xerofitiche dei *Festuco-Brometea* ammontano a 5 (*Briza media*, *Dactylorhiza sambucina*, *Hepatica nobilis*, *Euphorbia cyparissias*, *Orchis mascula*).

Le specie centroeuropee sono rappresentate da *Carex davalliana* e da *Luzula albida* var. *erythranthema*, quelle europee occidentali da *Cytisus scoparius*, mentre le specie europee orientali e meridionali sono costituite essenzialmente da specie delle praterie termo-xerofitiche (*Asperula purpurea*, *Carlina acaulis*, *Achillea collina*, *Teucrium montanum*).

L'elemento mediterraneo ha scarsa incidenza nella flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano. Esso è rappresentato, infatti, solo da 5 specie tutte a distribuzione eurimediterranea. Tre di esse (*Galium lucidum*, *Satureja montana*, *Teucrium chamaedrys*) si concentrano nelle praterie termo-xerofitiche.

L'elemento orofitico centroeuropeo risulta relativamente maggioritario nello spettro corologico ed è costituito da 162 specie, di cui quasi la metà (73) orofite europee s.s., distribuite cioè dai Pirenei ai Carpazi attraverso le Alpi (Tab. 1; Fig. 2c).

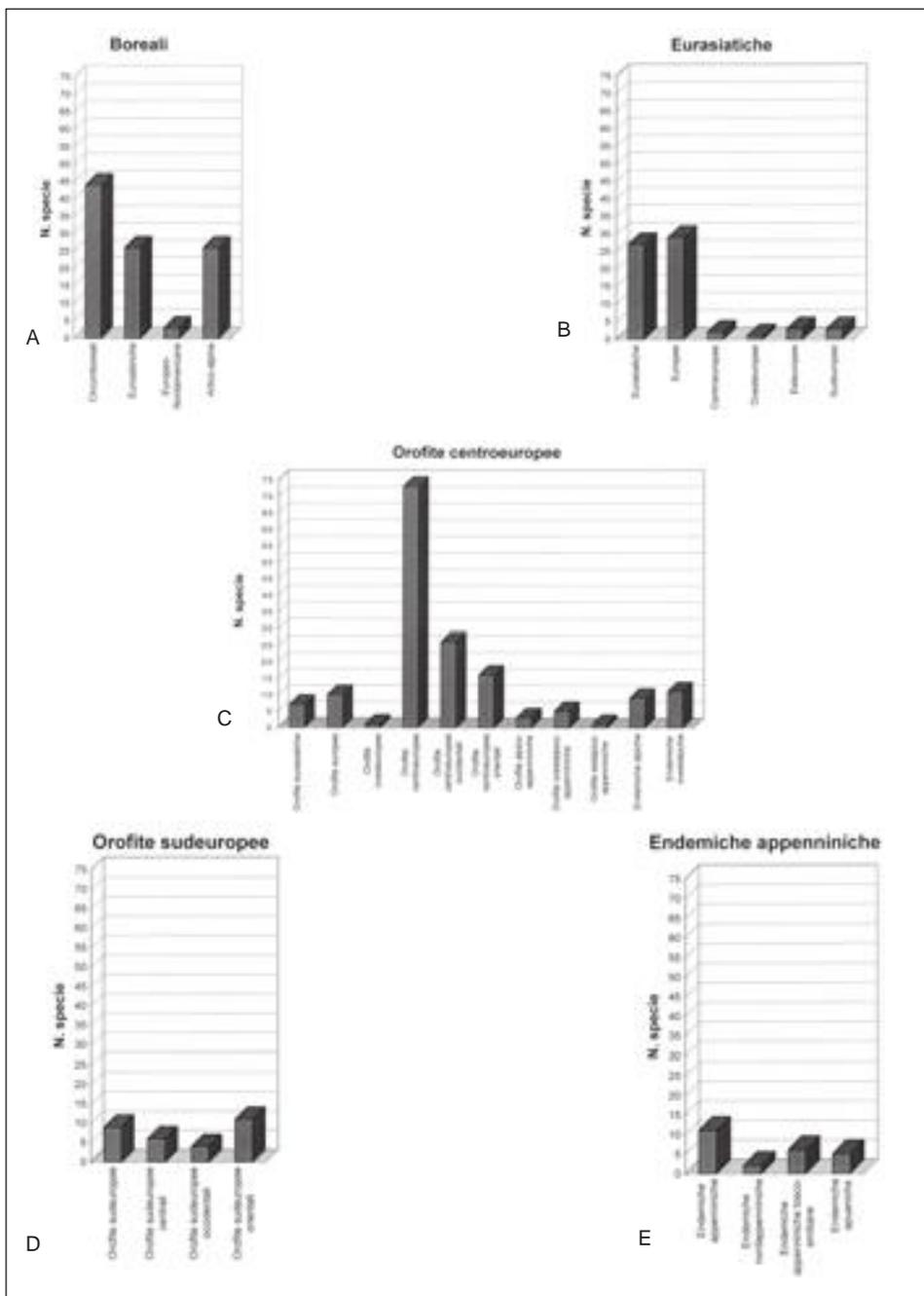


Fig. 2 - Spettro corologico di dettaglio relativo a 5 elementi corologici: a) boreali; b) eurasiatiche; c) orofite centroeuropee; d) orofite sudeuropee; e) endemiche appenniniche.

Nell'ambito di questo elemento sono presenti 7 specie distribuite anche sui rilievi dell'Asia occidentale (orofite eurasiatiche). Tra queste citiamo *Rumex scutatus*, che colonizza le falde a detriti mobili, *Polygonum alpinum*, localizzato sulle cenge esposte a Nord, *Daphne oleoides*, che cresce nella comunità a *Genista radiata*, appartenente allo *Juniperion nanae* (classe *Vaccinio-Piceetea*), *Saussurea discolor*, localmente confinata alle fessure delle rupi arenacee. Quest'ultima specie e *Polygonum alpinum* hanno nell'Appennino tosco-emiliano il limite meridionale del loro areale italiano.

Alcune specie (10) appartenenti a questo elemento presentano una distribuzione estesa anche ai rilievi dell'Europa settentrionale e sono state perciò denominate orofite europee. Sono più o meno egualmente distribuite nei diversi tipi di brughiere e praterie e su rupi e detriti. Come esempio citiamo *Picea excelsa*, *Cryptogramma crispa*, *Silene rupestris*, *Thesium alpinum* e *Gentianella campestris*. Le prime tre dell'elenco appartengono al gruppo delle specie al limite d'areale.

L'unica orofita europea occidentale è la felce *Dryopteris oreades*, che colonizza le falde arenacee a grossi clasti completamente stabilizzati.

Tra le orofite europee s.s. il gruppo cenologico prevalente (14 specie) è quello costituito dalle entità localmente legate ai pascoli pingui (*Trifolium thalii-Festucetum puccinellii*) e ai lembi di praterie confinati sulle cenge esposte a Nord (*Aquilegio-Anemonetum narcissiflorae*). Ambedue questi tipi di vegetazione sono inquadrati nell'alleanza *Caricion ferrugineae* (classe *Seslerietea variae*). Le specie più diffuse appartenenti a questo gruppo sono *Anemone narcissiflora*, *Pulsatilla alpina*, *Lotus alpinus*, *Galium anisophyllum*, *Gentiana verna*, *Phyteuma orbiculare* e *Scabiosa lucida*. Tra quelle decisamente rare degna di menzione risulta *Hedysarum hedysaroides*, in quanto entità al limite meridionale del suo areale. Molto ben rappresentato (12 specie) è anche il gruppo delle entità dei pascoli acidofitici, con prevalenza di quelle legate ai diversi tipi di nardeto (*Poa violacea*, *Geum montanum*, *Potentilla aurea*, *Polygala alpestris*, *Gentiana kochiana*, *Leontodon helveticus*). Relativamente numerose sono anche le specie litofile (9 entità rupicole e 8 detriticole). Tra le specie localmente legate agli ambienti di rupe ricordiamo *Silene saxifraga*, *Draba aizoides*, *Sempervivum arachnoideum*, *S. montanum*, *Saxifraga moschata*, *Potentilla caulescens*, *Campanula cochleariifolia* e *Hieracium morisianum*. Tra le specie delle falde detritiche le più diffuse risultano *Cardamine resedifolia* e *Valeriana montana*. Particolare interesse fitogeografico riveste infine il gruppo delle specie legate alle praterie crio-xerofitiche primarie (alleanza *Caricion curvulae*, classe *Juncetea trifidi*), formato da 7 specie, alcune delle quali al limite meridionale del loro areale italiano (*Antennaria carpathica*, *Hieracium glanduliferum*, *Luzula spicata*).

Nell'ambito delle orofite centroeuropee il secondo elemento corologico di dettaglio numericamente più ricco (26 specie) è costituito dalle entità distribuite dai Pirenei alle Alpi (prevalentemente occidentali), denominate orofite

centroeuropee occidentali. Queste entità hanno una distribuzione concentrata nelle praterie dei *Nardo-Callunetea* e degli *Juncetea trifidi*. Le 6 specie di *Nardo-Callunetea* sono diffuse soprattutto nelle praterie dominate da *Brachypodium genuense* (*Stachys pradica*, *Scorzonera aristata*, *Pedicularis tuberosa*, *Dianthus seguieri*). Quelle di *Juncetea trifidi* (5 specie) caratterizzano le praterie primarie crio-xerofitiche di cresta riferibili all'associazione *Sileno exscapae-Trifolietum alpini* (*Luzula lutea*, *Silene acaulis* subsp. *exscapa*, *Trifolium alpinum*, *Euphrasia alpina*, *Phyteuma hemisphaericum*). Due di queste entità (*Luzula lutea* ed *Euphrasia alpina*) appartengono al gruppo delle specie al limite meridionale d'areale. In questa condizione si trovano anche altre specie appartenenti a questo elemento corologico, quali *Cardamine asarifolia*, *Astrantia minor*, *Artemisia umbelliformis* e *Leucanthemopsis alpina*, concentrate rispettivamente in sorgenti e ruscellamenti, vaccinieti, rupi e vallette nivali.

Alle specie centroeuropee occidentali si contrappongono le 16 entità distribuite dalle Alpi ai Carpazi (orofite centroeuropee orientali). La metà di queste specie è legata ad ambienti di rupi e detriti (*Hieracium villosum*, *Primula auricula*, *Doronicum columnae*, *Ranunculus oreophilus*, *Senecio rupestris*). A questo elemento appartengono anche *Androsace obtusifolia*, legata alle praterie di cresta e *Soldanella pusilla*, specie di valletta nivale, ambedue al limite meridionale d'areale.

Un numero limitato di orofite localizzate sulle Alpi prolunga più o meno estesamente la propria distribuzione lungo la catena appenninica (orofite alpico-appenniniche, orofite ovestalpico-appenniniche, orofite estalpico-appenniniche). Tra queste citiamo alcune specie legate alle praterie dei *Nardo-Callunetea* (*Ranunculus kuepferi*, *Cirsium morisianum*, *Senecio doronicum*).

Nell'elenco delle orofite europee abbiamo inserito anche 9 entità alpine e 11 entità ovestalpine, che presentano stazioni disgiunte nell'Appennino tosco-emiliano. Tenendo in considerazione la scarsa autonomia floristica dell'Appennino tosco-emiliano rispetto alle Alpi, soprattutto rispetto a quelle occidentali, riconosciuta anche da FOGGI (1990), abbiamo classificato tali entità rispettivamente come endemiti alpici e ovestalpici. Alcune (6) di queste specie sono legate alla frangia termofila delle praterie dei *Nardo-Callunetea* caratterizzate dalla dominanza di *Brachypodium genuense* (*Galium carmineum*, *G. centroniae*, *Campanula spicata*, *Viola calcarata* subsp. *cavillieri*, *Plantago fuscescens*, *Phyteuma scorzonrifolium*). Relativamente consistente è anche il contingente delle specie rupicole (*Erigeron gaudinii*, *Saxifraga pseudoexarata*, *Saxifraga callosa*, *Hieracium tomentosum*).

L'elemento orofitico sudeuropeo, costituito nel suo complesso da 30 specie, presenta un'incidenza ridotta nello spettro corologico. Esso annovera 9 entità con distribuzione generale che comprende i rilievi della Penisola Iberica, Italiana e Balcanica e 21 entità a distribuzione più limitata (Tab. 1; Fig. 2d).

Le 9 orofite sudeuropee s.s. sono caratterizzate dalla prevalenza di entità

che localmente si concentrano nelle falde detritiche derivanti dalla degradazione di affioramenti marnosi (*Arabis alpina* subsp. *caucasica*, *Scrophularia juratensis*, *Pedicularis comosa*) o sui detriti arenacei (*Alchemilla saxatilis*). Sono presenti anche 3 specie diffuse soprattutto nelle praterie a *Brachypodium genuense* (*Festuca paniculata*, *F. asperifolia*, *Dianthus monspessulanus*).

Tra le orofite sudeuropee a distribuzione più ristretta 6 sono localizzate sulla catena appenninica e sui rilievi delle principali isole centromediterranee (Corsica, Sardegna e, in qualche caso anche Sicilia) e sono state denominate orofite sudeuropee centrali. Anche in questo caso la maggioranza delle specie si localizza preferenzialmente nelle fitocenosi delle falde detritiche (*Arenaria bertolonii*, *Robertia taraxacoides*, *Sedum monregalense*).

Le orofite sudeuropee distribuite dai rilievi della Penisola Iberica agli Appennini sono soltanto 4, distribuite in diversi tipi di habitat. *Rhynchosinapis cheiranthos* e *Crepis leontodontoides* sono legate alle fitocenosi rupicole, *Tulipa australis* si localizza nei brachipodieti e *Anthyllis vulnerarioides* è specie tendenzialmente detriticola.

Più cospicuo risulta il contingente delle specie a distribuzione appenninico-balcanica, note nella letteratura fitogeografica come specie anfi o periadriatiche, formato da 11 entità, in questa sede denominate orofite sudeuropee orientali. Nel gruppo prevalgono le litofite detriticole (*Geranium macrorrhizum*, *Carum heldreichii*, *Corydalis ochroleuca*, *Linum capitatum*). Tra le altre specie quelle più diffuse sono *Genista radiata*, localizzata sulle cenge esposte a Sud-Est, *Rumex nebroides*, frequente nei brachipodieti e *Crepis aurea* subsp. *glabrescens*, prevalentemente distribuita nei pascoli pingui del *Trifolium thalii*-*Festucetum puccinellii*.

La componente endemica risulta scarsamente rappresentata nella flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano. Ad essa appartengono 24 specie, di cui 11 presentano distribuzione estesa a tutta o gran parte della catena appenninica, 5 risultano endemiche delle Alpi Apuane, presenti in un limitato numero di stazioni nel contiguo Appennino tosco-emiliano, 2 vanno valutate come endemiche nordappenniniche, in quanto egualmente frequenti sia nelle Alpi Apuane che nell'Appennino tosco-emiliano e 6 specie sono esclusive di quest'ultimo settore (Tab. 1; Fig. 2e).

Quasi metà degli 11 endemiti appenninici è costituita da specie distribuite in formazioni erbacee inquadrabili nella classe *Seslerietea variae* (*Ranunculus apenninus*, *R. pollinensis*, *Linum alpinum* subsp. *gracilius*, *Taraxacum alpinum*, *Astragalus sempervirens* subsp. *gussonei*). Due specie (*Brachypodium genuense* e *Avenula praetutiana*) sono diffuse nei brachipodieti, mentre *Erysimum pseudorhaeticum* e *Linaria purpurea* sono specie detriticole.

Le due specie valutate come endemiti appenninici settentrionali sono *Cirsium bertolonii* e *Saxifraga etrusca*, ambedue legate agli ambienti delle falde detritiche arenacee o marnose.

Tra le specie endemiche dell'Appennino tosco-emiliano *Primula apennina* e *Murbeckiella zanonii* sono litofite rupicole, *Taraxacum aemilianum* è legato ad ambienti con detriti fini, *Festuca riccerii* è distribuita nelle formazioni crioxerofitiche delle creste sommitali, *Armeria marginata* e un'entità vicina ad *Aquilegia alpina*, ancora in studio, sono concentrate sulle cenge con esposizione settentrionale.

I 5 endemiti apuani sono distribuiti nelle praterie a *Brachypodium genuense* (*Thesium sommieri*, *Rhinanthus apuanus*), sulle cenge esposte a Nord (*Carex ferruginea* subsp. *macrostachys*) e sulle rupi esposte a Sud (*Globularia incanescens*, *Leontodon anomalus*).

DISCUSSIONE

L'analisi dello spettro corologico della flora di altitudine dell'Appennino tosco-emiliano rivela le strette connessioni fitogeografiche di questa catena con le Alpi, documentate soprattutto dall'elevata frequenza relativa dell'elemento orofitico centroeuropeo. Questa relazione fitogeografica si inserisce nel quadro di una più generale appartenenza dell'Appennino tosco-emiliano alla regione floristica eurosiberiana, confermata dall'elevata frequenza relativa delle specie boreali ed eurasiatiche.

Le affinità fitogeografiche con gli altri sistemi montuosi dell'Europa centrale e meridionale, si possono desumere dalla scomposizione analitica dei corotipi orofitico centroeuropeo e orofitico sudeuropeo (Fig. 2c e 2d). Tra le orofite centroeuropee quelle a gravitazione occidentale (orofite centroeuropee occidentali, orofite ovestalpico-appenniniche, endemiche ovestalpiche) sopravanzano nettamente le corrispondenti orofite a gravitazione orientale. Il dato testimonia una passata continuità di relazioni fitogeografiche tra le Alpi occidentali e l'Appennino settentrionale, peraltro già ammessa da TOMASELLI & AGOSTINI (1994), presumibilmente realizzatasi attraverso il raccordo fisico dei due sistemi montuosi. Tale raccordo avrebbe consentito migrazioni floristiche orientate da Nord-Ovest a Sud-Est durante i periodi di raffreddamento climatico e in direzione opposta nei periodi più caldi.

Nell'ambito delle orofite sudeuropee il rapporto tra le entità a gravitazione occidentale e quelle a gravitazione orientale è praticamente ribaltato. All'interno di questo elemento le orofite sudeuropee orientali prevalgono infatti nettamente su quelle sudeuropee occidentali. Questo in primo luogo dimostra che il collegamento tra Alpi occidentali e Appennino settentrionale ha avuto importanza soprattutto per migrazioni di specie boreali o alpine, mentre non ha costituito che in misura trascurabile una via di transito per orofite più meridionali. In secondo luogo il dato evidenzia che l'Appennino settentrionale ha costituito

una sorta di terminale per la diffusione di specie da Sud-Est (dalle montagne della Penisola Balcanica attraverso l'Appennino centrale) verso Nord-Ovest. Alcune orofite sudeuropee orientali hanno infatti nell'Appennino tosco-emiliano il loro limite settentrionale di diffusione in Italia.

L'analisi della componente endemica (Fig. 2e) rivela che l'Appennino tosco-emiliano non ha costituito un'importante centro per processi di formazione di endemismi. Gli endemiti limitati all'Appennino settentrionale sono numericamente pochi sia come cifra assoluta che come numero riferito al totale della flora. Inoltre si tratta, in gran parte, di taxa relativamente recenti, filogeneticamente collegati a corrispondenti taxa alpici, da cui spesso sono solo debolmente differenziati a livello sottospecifico.

La valutazione del grado di dispersione dei 7 corotipi principali nelle diverse fitocenosi (Fig. 3), eseguita calcolando l'indice di Shannon (Tab. 2) ha dimostrato che il valore di entropia più elevato si riscontra per l'elemento boreale, disperso in ben 15 delle diverse tipologie vegetazionali. Alcuni di questi ambienti hanno per la flora di tipo boreale il valore di habitat rifugiali (comunità di torbiera per le specie circumboreali) e comunità di valletta nivale per le specie artico-alpine. Valori elevati di dispersione ($H > 2$) presentano anche le orofite centroeuropee e le cosmopolite. Le orofite centroeuropee sono diffuse praticamente in tutti gli ambienti della fascia soprasilvatica, ad eccezione delle zone umide e delle comunità sinantropiche. Un grado di dispersione relativamente elevato presentano anche le specie eurasiatiche, che comunque risultano concentrate nei pascoli acidofitici e nelle praterie termo-xerofitiche. Grado di dispersione più basso con valori di H di poco superiori a 1.5, presentano le orofite sudeuropee e le endemiche, concentrate per lo più in ambienti a bassa competizione interspecifica (rupi, falde detritiche) o in ambienti rifugio quali le cenge esposte a Nord. Il valore più basso ($H < 1$) si riscontra per l'elemento mediterraneo, poco diffuso e concentrato nelle praterie termo-xerofitiche.

Sulla base del calcolo dell'entropia relativa (Tab. 2), l'elemento corologico con distribuzione più uniforme risulta quello cosmopolitico, costituito da poche specie sparse in diversi ambienti, seguito da quello boreale, presente con un numero più elevato di entità in diversi tipi di vegetazione. Ambedue questi corotipi presentano valori di entropia relativa superiori a 0.90. Uniformità distributiva progressivamente decrescente presentano le orofite centroeuropee, che presentano una distribuzione simile a quella dell'elemento boreale, però meno uniforme, le endemiche appenniniche e le mediterranee, con poche specie ripartite in modo relativamente disuniforme e, infine, le eurasiatiche e le orofite sudeuropee, caratterizzate da una distribuzione disomogenea a picchi.

Il calcolo del doppio della mutua informazione (Tab. 2) ha evidenziato correlazioni significative tra 6 elementi corologici e le diverse fitocenosi presenti nella vegetazione soprasilvatica dell'Appennino tosco-emiliano. L'unico elemen-

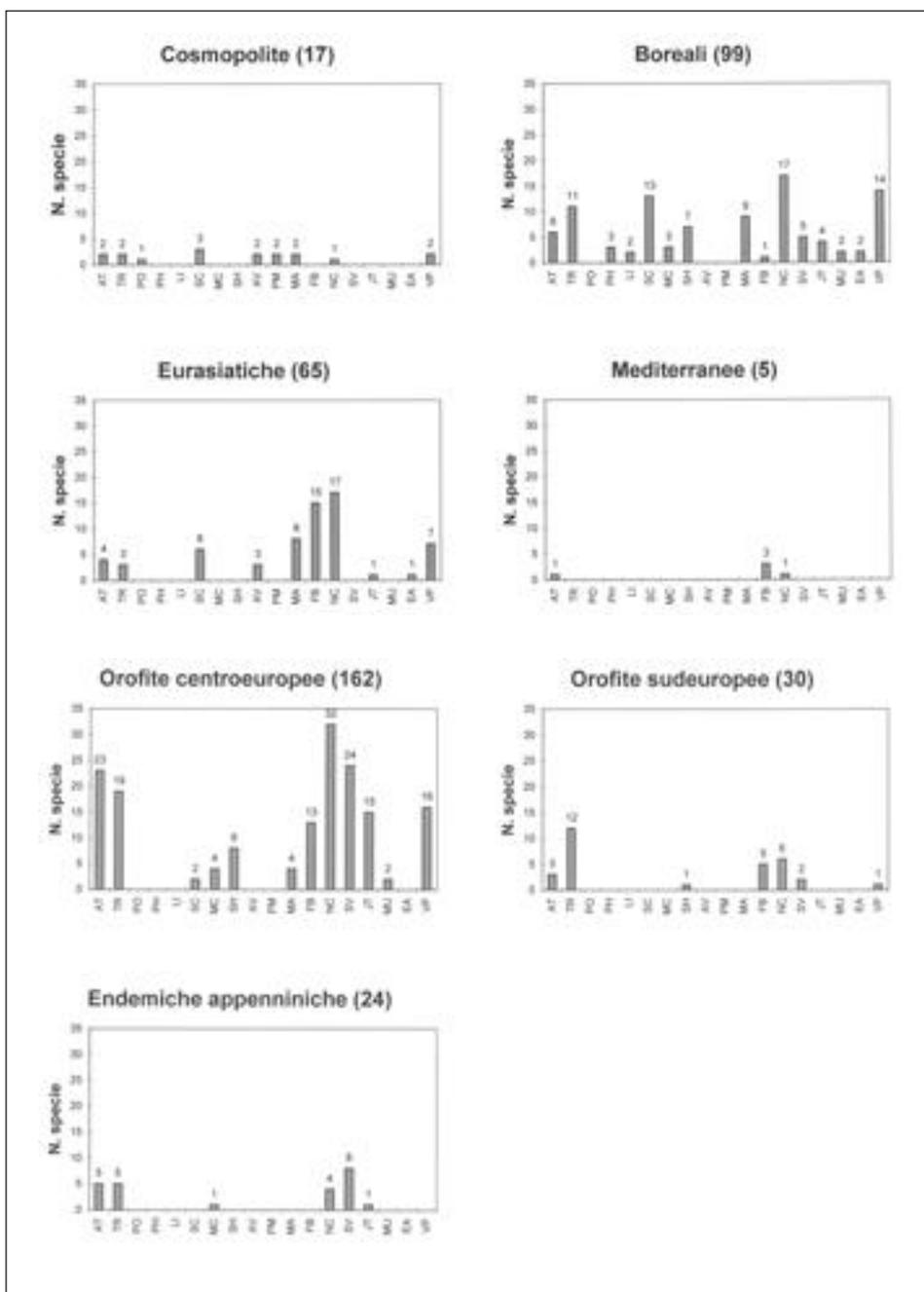


Fig. 3 - Distribuzione dei 7 principali elementi dello spettro corologico nelle 18 fitocenosi della fascia soprasilvatica dell'Appennino tosco-emiliano. Il significato delle sigle è spiegato nel testo.

	H	H/Hmax	2I
Cosmopolite	2.15	0.98	35.55 (**)
Boreali	2.44	0.90	42.46 (**)
Eurasiatiche	1.99	0.86	52.40 (**)
Mediterranee	0.95	0.86	12.51
Orofite centroeuropee	2.22	0.89	36.09 (**)
Orofite sudeuropee	1.62	0.83	28.81 (*)
Endemiche appenniniche	1.58	0.88	30.76 (*)

Tab. 2 - Entropia media, Entropia relativa e doppio della mutua informazione (2I), calcolati sui dati di Fig. 3. (***) $p < 0.01$; (*) $p < 0.05$.

to risultato non correlato è quello mediterraneo. I valori più elevati di 2I si riscontrano per l'elemento eurasiatico, concentrato nei pascoli acidofitici e nelle praterie termo-xerofitiche. Correlazioni altamente significative ($p < 0.01$) si riscontrano anche per l'elemento boreale, correlato con le fitocenosi di torbiera, per le orofite centroeuropee, correlate con le praterie crio-xerofitiche di cresta e con i pascoli pingui e le fitocenosi delle cenge esposte a Nord, per l'elemento cosmopolitico, legato alle comunità di rizofite e alla vegetazione di ambienti soggetti a calpestio.

BIBLIOGRAFIA

- ALESSANDRINI A. & BONAFEDE F., 1996 - Atlante della Flora protetta della Regione Emilia-Romagna. *Grafiche Galeati*, Imola.
- BOLOGNINI G. & NIMIS P.L., 1991 - L'analisi fitogeografica quantitativa dei boschi: un esempio relativo alle faggete italiane. In FERRARI C. & BAGNARESI U. (eds.): I boschi italiani. Valori naturalistici e problemi di gestione, pp. 63-83. *Società Emiliana Pro Montibus et Silvis*, Bologna.
- BOLOGNINI G. & NIMIS P.L., 1993 - Phytogeography of Italian deciduous oak woods based on numerical classification of plant distribution ranges. *J. veg. Sci.*, 4: 847-860.
- BOLOGNINI G., VELLUTI C. & FERRARI C., 1994 - A quantitative phytogeographic analysis of the northern Apennine summit vegetation. *Fitosociologia*, 26: 111-118.
- CHATER A.O., 1980 - *Carex L.* In: TUTIN, T.G. *et al.* (eds.), *Flora Europea*: 321-322. *Cambridge Univ. Press*.
- FEOLI E., LAGONEGRO M. & ORLOCI L., 1984 - Information analysis of vegetation data. *Junk*, The Hague.

- FOGGI B., 1990 - Analisi fitogeografica del distretto Appenninico Tosco-Emiliano. *Webbia*, 44(2): 169-196.
- FOGGI B. & ROSSI G., 1996 - A survey of the genus *Festuca* L. (*Poaceae*) in Italy. I. The species of the summit flora in the Tuscan-Emilian Apennines and Apuan Alps. *Willdenowia*, 26: 183-215.
- HESS H. E., LANDOLT E. & HIRZEL R., 1967-72 - Flora der Schweiz. 3 voll. *Birkhäuser*, Basel.
- HULTÉN E. & FRIES M., 1986 - Atlas of North European vascular plants north of the Tropic of Cancer. *Köln*, Königstein.
- LUCCHESI F., 1987 - Ruolo di alcune specie di *Brachypodium* nelle associazioni prative e forestali. *Not. Fitosoc.* 23: 173-188.
- MEUSEL H., JÄGER E. & WEINERT E., 1965 - Vergleichende chorologie der Zentraleuropaischen Flora. Band I. *G. Fischer*, Jena.
- MEUSEL H., JÄGER E., RAUSCHERT S. & WEINERT E., 1978 - Vergleichende chorologie der Zentraleuropaischen Flora. Band II. *G. Fischer*, Jena.
- NIMIS P.L. & BOLOGNINI G., 1991 - The use of chorograms in quantitative phytogeography and in phytosociological syntaxonomy. *Fitosociologia*, 25 (1990): 69-87.
- PERAZZA G., (1992) - Orchidee spontanee in Trentino-Alto Adige, riconoscimento e diffusione. *Manfrini Ed.*, Calliano (Trento).
- PIGNATTI E., PIGNATTI S., PIETROSANTI S. & PAGLIA S., 1996 - La flora delle Dolomiti come archivio informatizzato. *Atti 24° Simposio della Società Estalpino-dinarica di Fitosociologia «Flora e vegetazione dell'Insubria»*. Suppl. II *Ann. Mus. civ. Rovereto, Sez. Arch., St., Sc. nat.*, 11 (1995): 27-43.
- POLDINI L., 1991 - Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli-Venezia Giulia. *Arti Grafiche Friulane*, Udine.
- POLDINI L. & VIDALI M., 1985 - Utilizzazione di una banca dati per la suddivisione fitogeografica di un territorio. *Biogeographia*, 11: 247-259.
- POLDINI L., MARTINI F., GANIS P. & VIDALI M., 1991 - Floristic databanks and the phytogeographic analysis of a territory. An example concerning northeastern Italy. In NIMIS P.L. & CROVELLO T.J. (eds.): *Quantitative approaches to phytogeography*, pp. 159-181. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht.
- PROSSER F. & FESTI F., 1991 - Segnalazione Floristiche Tridentine. I. *Ann. Mus. Civ. Rovereto, Sez. Arch., St., Sc. Nat.*, 7: 177-224.
- SHANNON C.E., 1948 - A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.*, 27: 379-423.
- TOMASELLI M., 1996 - La vegetazione soprasilvatica. In TOMASELLI M., DEL PRETE C. & MANZINI M.L.: *Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese: l'ambiente vegetale*, pp. 114-139. *Grafiche Zanini*, Bologna.

TOMASELLI M. & AGOSTINI N., 1994 - A comparative phytogeographic analysis of the summit flora of the Tuscan-Emilian Apennines and of the Apuan Alps (northern Apennines). *Fitosociologia*, 26: 99-109.

WEBB D.A. & GORNALL R.J., 1989 - Saxifrages of Europe. *Christopher Helm*, London.

Indirizzo degli autori:

Marcello Tomaselli & Matteo Gualmini - Dipartimento di Biologia evolutiva e funzionale -
Università di Parma - Via delle Scienze - I-43100 Parma
