

Analisi fitogeografica della comunità a *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br. delle Alpi Occidentali (°)

MARCELLO TOMASELLI (*), GRAZIANO ROSSI (**), NEVIO AGOSTINI (***)

(*) Dipartimento di Biologia evolutivista sperimentale, Università di Bologna

(**) Istituto di Botanica, Università di Pavia

(***) Ufficio Ecologia, Provincia di Bologna

SUMMARY

The vegetation dominated by *Cryptogramma crispa* in the Western Alps was analyzed from the phytogeographical viewpoint. Vegetation was recorded by the Braun-Blanquet method and relevés were classified by average linkage clustering based on the similarity ratio. Results of classification suggested that the community of *C. crispa* can be split into five floristically differentiated vegetation types related to an altitudinal gradient. The matrix of chorological spectra calculated for each vegetation type revealed the following phytogeographical features: i) dominance of the S-european orophytes in the vegetation types above timberline; ii) low percentage frequency of the endemic element in all vegetation types; iii) the highest percentage frequency of the endemic element in the alpine vegetation types of the Southwestern Alps. Ordination of chorological matrix based on the analysis of concentration showed the first canonical variate as correlated to an altitudinal gradient and the second one to a geographical gradient. Furthermore a phytogeographical comparison with similar vegetation types also dominated by *C. crispa* occurring on the main european mountains was performed. Analysis of concentration was applied to the corresponding chorological matrix. The first two canonical variates proved to be correlated to eco-geographical gradients.

INTRODUZIONE

Cryptogramma crispa (L.) R. Br. ex Hook. è una pteridofita appartenente alla famiglia delle Cryptogrammaceae, la cui esatta delimitazione tassonomica è ancora controversa. Intesa in senso stretto, la specie presenta una distribuzione limitata ad Europa, Anatolia settentrionale e Caucaso (Ferrarini et al., 1986). L'areale europeo, riportato in Jalas & Suominen (1972), manifesta un'evidente disgiunzione con un polo settentrionale comprendente i principali rilievi delle Isole Britanniche e della Penisola Scandinava ed uno meridionale comprendente la Cordillera Cantabrica, i Pirenei, le Alpi ed alcuni sistemi montuosi minori. Sui rilievi dell'Europa orientale e sudorientale la specie ricorre invece solo in modo sporadico, verosimilmente per il concorrere di fattori geo-pedologici e macroclimatici sfavorevoli.

Dal punto di vista ecologico *C. crispa* è entità acidofila e perciò confinata ai massicci montuosi costituiti da rocce a matrice non carbonatica. L'habitat preferenziale è rappresentato da pietraie stabilizzate a clasti di dimensioni da

(°) Lavoro eseguito con contributo MURST 40%, responsabile Prof. A. Pirola, Pavia.

decimetriche a metriche. I clasti sono in genere separati da interstizi abbastanza ampi, dove si accumula una certa quantità di terra fine relativamente umida, cui la felce si ancora tramite il fitto intreccio del suo apparato radicale.

Nelle Alpi le pietraie colonizzate da *C. crispa* sono diffuse in un ambito altitudinale relativamente ampio, con massima concentrazione stazionale nella fascia subalpina, diffusione abbastanza limitata nella fascia alpina e frequenti digitazioni a quote inferiori corrispondenti alla fascia vegetazionale montana. Le stazioni dove la felce cresce più frequentemente e con maggiore abbondanza di individui corrispondono generalmente alle porzioni basali stabilizzate di falde detritiche ancora attive (soprattutto alle quote più elevate), oppure ormai completamente inattive (gli accumuli ricorrenti nella fascia montana); in altri casi si tratta di depositi formati da clasti di dimensioni metriche, senza apparente connessione genetica con una parete alimentatrice attuale: i cosiddetti «campi di pietre su versante» (Capello, 1960).

La vegetazione di questi ambienti appare, in generale, floristicamente assai povera e marcatamente discontinua. La fisionomia, assai peculiare nell'ambito delle comunità vegetali delle falde detritiche, è conferita sia dalla dominanza di *C. crispa*, che dalla frequenza relativamente elevata di altre pteridofite appartenenti ai generi *Athyrium*, *Cystopteris*, *Dryopteris*, *Polystichum* ed altri.

La peculiarità fisionomica di questa fitocenosi ha stimolato l'interesse degli studiosi della vegetazione alpina fin dai primi decenni di questo secolo. Le prime descrizioni e tentativi di tipificazione sono stati compiuti da alcuni geobotanici svizzeri impegnati nello studio delle Alpi Nordoccidentali (cfr. in particolare Lüdi, 1921; Frey, 1922; Gams, 1927). Gli studi successivi, portati a termine nelle Glärner Alpen e nelle Alpi Retiche (Jenny-Lips, 1931; Braun-Blanquet, 1949; Giacomini et al., 1962) hanno evidenziato tuttavia le difficoltà di un soddisfacente inquadramento sintassonomico di questa fitocenosi la cui eterogeneità floristica ne rende problematico l'inserimento nel sistema fitosociologico al rango di associazione e ne suggerisce piuttosto la valutazione al livello di stadio dinamico dell'*Oxyrietum dyginae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926. Nel frattempo fitocenosi con dominanza di *C. crispa*, ricche di pteridofite e sinecologicamente comparabili con quelle individuate nelle Alpi, sono state descritte anche in altri sistemi montuosi europei. Nel Nord-Europa (Norvegia meridionale e Scozia) ciò è avvenuto ad opera di autori di scuola non fitosociologica (Nordhagen, 1943; Gjaerevoll, 1956; Mc Vean & Ratcliffe, 1962; Burnett, 1964). Nell'Europa Sudoccidentale sono stati invece autori di scuola fitosociologica a descrivere per i Pirenei due distinte associazioni, entrambe dominate da *C. crispa* (*Cryptogrammo-Poetum* Negre 1968; *Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis* Rivas Martinez in Rivas Martinez & Costa 1970).

I risultati di questi ultimi studi e osservazioni personali compiute negli anni scorsi nelle Alpi e nell'Appennino Settentrionale ci hanno stimolato ad intraprendere una ricerca ad ampia scala sulla vegetazione delle pietraie sta-

bilizzate colonizzate in prevalenza da *C. crispa* e da altre pteridofite. L'ambito geografico della ricerca comprende le Alpi e l'Appennino settentrionale; lo scopo è quello di verificare la possibilità di una caratterizzazione fitosociologica ed ecologica di dettaglio di questa vegetazione. In questo primo contributo vengono presentati i dati finora raccolti nelle Alpi Occidentali. Il loro trattamento è mirato all'analisi fitogeografica ed alla sua interpretazione. Viene proposto anche un confronto, sempre su base fitogeografica, con comunità floristicamente ed ecologicamente confrontabili di altri sistemi montuosi europei. Lo scopo di quest'ultima elaborazione è quella di delimitare settori fitogeograficamente omogenei in cui poi approfondire le ricerche fitosociologiche ed ecologiche di dettaglio.

DATI E METODI

Per l'analisi fitogeografica sono stati utilizzati 75 rilievi fitosociologici, valutati come sufficientemente rappresentativi delle Alpi Occidentali, dalle Alpi Marittime fino al Passo del Gottardo (Tab. I).

I dati di copertura sono stati convertiti dalla scala ordinale di Braun-Blanquet nella scala numerica di Van der Maarel (1979). Dopo l'eliminazione delle specie sporadiche, è stata ottenuta una matrice di 99 specie x 75 rilievi, successivamente elaborata con il metodo di classificazione del legame medio, utilizzando il similarity ratio come indice di somiglianza (Orloci, 1978).

Per ciascuno dei cluster dei rilievi ottenuti dalla classificazione è stato calcolato lo spettro corologico, basato sulla frequenza percentuale delle specie. Gli spettri corologici così ottenuti sono stati utilizzati per costruire una matrice di 23 elementi corologici x 5 cluster di rilievi, successivamente ordinati secondo il metodo dell'analisi della concentrazione (Feoli & Orloci, 1979), allo scopo di evidenziare eventuali gradienti eco-geografici.

Il confronto fitogeografico tra i dati relativi alle Alpi Occidentali e quelli di altri sistemi montuosi europei (Tab. II) è stato realizzato costruendo una nuova matrice corologica attraverso i seguenti passaggi: 1) selezione degli spettri corologici dei tre cluster valutati come i più rappresentativi dei diversi aspetti della vegetazione a *C. crispa* delle Alpi Occidentali; 2) calcolo degli spettri corologici di tabelle vegetazionali relative a fitocenosi a *C. crispa* rilevate in vari sistemi montuosi europei. La matrice risultante, formata da 29 elementi corologici x 13 colonne rappresentative dei diversi sistemi montuosi esaminati è stata trattata con l'analisi della concentrazione. La mutua informazione (Feoli et al., 1984) è stata calcolata per questa matrice, al fine di valutare il potere discriminante di ciascun elemento corologico.

Per la nomenclatura delle specie riportate in Tab. III si è fatto riferimento a Pignatti (1982). Gli elementi corologici per le specie della flora italiana sono stati desunti, con qualche semplificazione, da Pignatti (l.c.), e modificati nei casi dubbi secondo Hess et al. (1972). Per le altre specie gli elementi corologici sono stati ricostruiti sulla base delle indicazioni distributive fornite da Tutin et al. (1964-1980).

Tab. 1 - Località dei rilevamenti fitosociologici nelle Alpi Occidentali.

Area di studio	numero dei rilievi
Alpi Marittime	22
Val Gesso	21
Vallone d'Orgials	1
Alpi Cozie	13
Valle Varaita	7
Valle del Po	5
Vallée du Haut-Guil	1
Alpi Graie	17
Valle d'Ala	5
Valle d'Orco	4
Valle di La Thuile	6
Val Ferret	2
Alpi Pennine	12
Valle del Gran S. Bernardo	5
Vallée d'Entremont	1
Val di Gressoney	4
Val Divedro	2
Alpi Lepontine	7
Val Formazza	1
Ägenetal	4
Val Bedretto	2
Berner Alpen	4
Rottental	2
Haslital	2

RISULTATI

La comunità a *C. crispa* nelle Alpi Occidentali.

Nel dendrogramma di classificazione dei rilievi vegetazionali si individuano, a un livello di somiglianza di circa 0.30, cinque cluster principali, cui si aggiungono due cluster formati da una coppia di rilievi e alcuni rilievi singoli (Fig.1). I cluster formati da due rilievi e i rilievi isolati corrispondono a situazioni floristicamente impoverite e non verranno perciò ulteriormente considerati nell'analisi e nelle elaborazioni.

In Tab. III i dati vegetazionali sono strutturati in base alle specie significativamente legate ai cinque cluster, a quelle legate a gruppi più ampi corrispondenti a livelli di fusione più elevati nel dendrogramma di classificazione ed alle specie con le frequenze più elevate. La tabella permette di valutare in termini floristici la diversificazione della vegetazione a *C. crispa* evidenziata nel dendrogramma di classificazione. I primi tre cluster risultano, nel loro insieme, differenziati da specie di praterie o arbusteti più o meno sassosi della fascia subalpina e alpina. Il cluster 1 è inoltre differenziato da *Rhodiola*

Tab. 2 - Fonti dei dati relativi alle fitocenosi a *Cryptogramma crispa* di vari sistemi montuosi europei.

Area di studio	Denominazione delle fitocenosi	Autore (i)	N° dei rilievi
Appennino tosco-emiliano	Comunità a <i>Cryptogramma crispa</i>	Tomaselli, Rossi, Agostini (inedito)	21
Corsica	Doroniceto-Oxyrietum dyginac	Gamisans (1976)	8
Corsica	Valerianeto-Adenostyletum briguetii cryptogrammetosum	Gamisans (1977)	6
Pirenei occidentali e centrali	Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis	Rivas Martinez (1977)	21
Pirenei centrali (Bassin de l'One)	Cryptogrammo-Poetum	Nègre (1968)	14
Sierra de Guadarrama	Digitalieto-Senecietum carpetani	Rivas Martinez (1963)	10
Highlands scozzesi	Cryptogrammeto-Athyrietum chionophilum	Mc Vean & Ratcliffe (1962)	10
Geiranger (Norvegia SW)	Cryptogrammetum chionophilum	Nordhagen (1936)	10
Hardangervidda (Norvegia SW)	Cryptogrammetum chionophilum	Nordhagen (1943)	20
Norvegia SW	Cryptogrammetum crispi	Gjærevoll (1956)	7

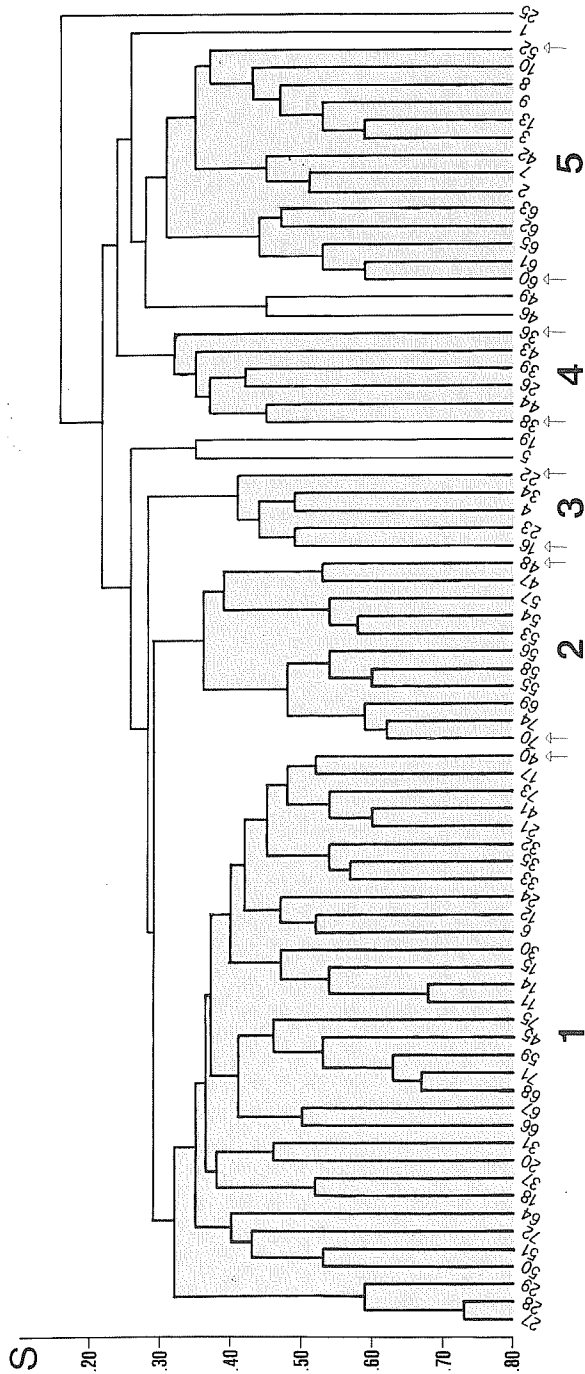


Fig. 1 - Dendrogramma di classificazione dei rilievi. S: similarity ratio.

rosea e *Viola biflora*, due specie piuttosto frequenti negli anfratti delle pietraie a grossi clasti della fascia subalpina e alpina inferiore. Il cluster 2 è differenziato da *Ligusticum mutellina*, *Leontodon helveticus*, *Carex curvula*, *Carex foetida*, specie relativamente frequenti nelle praterie anche a lungo innevamento della fascia alpina e da *Achillea moschata*, entità diffusa soprattutto negli stadi iniziali di queste praterie. Il cluster 3 è differenziato da *Adenostyles leucophylla* e *Doronicum clusii*, due specie che colonizzano le falde detritiche silicee della fascia alpina. I cluster 4 e 5 sono differenziati da alcune litofite di ambienti sassosi e rocciosi intrasilvatici o situati poco oltre il limite superiore della vegetazione arborea. Il cluster 4 è inoltre differenziato da specie frequenti soprattutto nella fascia subalpina inferiore (*Valeriana tripteris*, *Larix decidua*, *Saxifraga exarata*, *Achillea erba-rota*, *Festuca flavescens*). Il cluster 5 è invece differenziato da specie che ben raramente risalgono oltre il limite superiore della fascia montana (*Rubus idaeus*, *Sambucus racemosa*, *Asplenium septentrionale*, *Poa nemoralis*).

La chiara differenziazione floristica dei cinque clusters principali consente di trattarli come unità vegetazionali indipendenti e di utilizzarli come base per la successiva analisi fitogeografica. Una loro ulteriore disamina a fini di tipificazione e di inquadramento sintassonomico esula dagli scopi di questo contributo ed è demandata ad un'ulteriore lavoro.

L'analisi floristica dei cluster lascia supporre che la loro diversificazione rifletta un gradiente altitudinale. Il calcolo dei valori altitudinali medi per ciascun cluster (Tab. III) conferma quest'ipotesi. I cluster 1, 2 e 3 comprendono complessivamente 49 rilievi, la maggior parte dei quali situata ad altitudini corrispondenti alle fasce vegetazionali subalpina e alpina. Gli altri due cluster comprendono invece 20 rilievi eseguiti nei criptogrammeti delle quote inferiori (fascia montana e subalpina inferiore). I clusters 2 e 3 riuniscono i rilievi della fascia alpina e la loro diversificazione appare fondata su una base geografica. Il cluster 2 comprende, infatti, 11 rilievi relativi alle Alpi Nordoccidentali (Graie, Pennine, Lepontine, Bernesi), mentre il cluster 3 riunisce 5 rilievi eseguiti nelle pietraie alpine delle Alpi Sudoccidentali (Alpi Marittime e Cozie).

L'analisi fitogeografica, basata sulla matrice corologica (Tab. IV), conferma e consente di sviluppare i risultati ottenuti dall'analisi floristica basata sulle specie. I primi quattro cluster sono caratterizzati dalla dominanza delle orofite S-europee e da frequenze percentuali relativamente elevate dell'elemento artico-alpino. I valori massimi di ambedue questi corotipi si riscontrano nei criptogrammeti delle quote più elevate. Il cluster 5, comprendente le fitocenosi intrasilvatiche della fascia montana, presenta uno spettro corologico caratterizzato dalla codominanza di orofite S-europee e specie circumboreali e da valori relativamente elevati dell'elemento eurosibirico.

L'elemento endemico, valutato nella sua globalità, presenta valori costantemente di poco inferiori al 10%, con un picco di 18.91% nel cluster comprendente i criptogrammeti di alta quota delle Alpi Sudoccidentali ed un modesto decremento nelle pietraie della fascia montana. Nell'ambito dell'ele-

Tab. 3 - Dati vegetazionali.

Cluster dei rilievi	1	2	3	4	5
Altitudine media	2071	2335	2280	1793	1528
Specie guida					
<i>Cryptogramma crispa</i>	V	V	V	V	V
Differenziali cluster 1-3					
<i>Athyrium distentifolium</i>	III	IV	II	.	.
<i>Festuca violacea</i>	IV	III	V	I	II
<i>Agrostis rupestris</i>	III	III	IV	I	II
<i>Luzula alpino-pilosa</i>	II	V	V	.	.
Differenziali cluster 1,2					
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	IV	V	.	.	II
<i>Agrostis schraderana</i>	III	V	I	.	II
<i>Sempervivum montanum</i>	IV	III	.	.	II
Differenziali cluster 1					
<i>Viola biflora</i>	V	I	.	II	I
<i>Rhodiola rosea</i>	III	.	I	I	.
Differenziali cluster 2					
<i>Ligusticum mutellina</i>	.	IV	.	.	.
<i>Achillea moschata</i>	I	III	.	.	.
<i>Leontodon helveticus</i>	I	III	I	.	.
<i>Alchemilla alpina</i>	.	II	.	.	.
<i>Carex curvula</i>	.	II	.	.	.
<i>Carex foetida</i>	.	II	.	.	.
Differenziali cluster 3					
<i>Adenostyles leucophylla</i>	.	II	V	.	.
<i>Doronicum clusii</i>	I	.	III	.	.
<i>Poa alpina</i>	I	.	III	.	.
Differenziali cluster 4,5					
<i>Polypodium vulgare</i>	.	.	.	IV	III
<i>Epilobium collinum</i>	.	.	.	II	III
<i>Silene rupestris</i>	.	.	.	II	III
Differenziali cluster 4					
<i>Valeriana tripteris</i>	I	.	.	V	.
<i>Larix decidua</i>	I	.	.	IV	I
<i>Saxifraga exarata</i>	I	I	.	IV	I
<i>Achillea erba-rotta</i>	I	.	.	III	I
<i>Festuca flavescens</i>	I	.	.	III	I
Differenziali cluster 5					
<i>Rubus idaeus</i>	I	.	.	.	V
<i>Sambucus racemosa</i>	I	.	.	I	IV
<i>Asplenium septentrionale</i>	I	I	.	II	IV
<i>Poa nemoralis</i>	II	I	I	II	IV
Altre specie					
<i>Cardamine resedifolia</i>	V	V	V	III	IV
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	IV	I	IV	V	I
<i>Sedum alpestre</i>	III	II	III	III	III
<i>Avenella flexuosa</i>	III	II	I	IV	III
<i>Festuca varia</i>	I	II	I	V	III
<i>Dryopteris filix-mas</i>	V	.	II	IV	V
<i>Campanula scheuchzeri</i>	IV	V	III	III	.
<i>Dryopteris expansa</i>	IV	.	III	IV	III
<i>Veratrum lobelianum</i>	III	II	II	.	I
<i>Vaccinium myrtillus</i>	III	II	.	I	II
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	I	II	.	I	II
<i>Rumex scutatus</i>	II	I	.	I	III
<i>Solidago virgaurea</i>	II	I	I	.	III
<i>Juncus trifidus</i>	I	III	II	.	I
<i>Alchemilla saxatilis</i>	II	I	I	.	II
<i>Daphne mezereum</i>	I	I	.	II	I
<i>Geranium sylvaticum</i>	II	I	I	.	I
<i>Juniperus nana</i>	I	I	.	II	I
<i>Poa glauca</i>	I	I	II	I	.

Tab. 4 - Spettri corologici dei cinque tipi vegetazionali con dominanza di *Cryptogramma crispa* delle Alpi Occidentali.

Cluster dei rilievi		1	2	3	4	5
Cosmopolite	Co	3.93	1.87	1.35	5.21	4.39
Subcosmopolite	Su	5.50	—	2.70	7.30	8.07
Circumboreali	Cb	7.86	5.60	6.76	9.37	14.29
Eurasiatiche	Ea	0.65	—	—	—	3.29
Eurosibiriche	Es	6.68	4.67	5.40	7.29	12.87
Euro-W-asiatiche	Ew	0.26	—	—	—	0.73
Orofite euro-W-asiatiche	Ow	1.57	0.93	—	5.21	4.01
Artico-alpine	Aa	16.00	19.59	17.57	11.46	8.43
Europee	Eu	1.18	0.47	—	4.17	9.52
Atlantiche	At	—	—	—	—	0.36
Subatlantiche	Sa	1.31	—	—	1.04	1.47
Eurimediterranee	Em	0.91	—	—	—	—
Orofite europee	Oe	4.33	5.13	6.76	6.25	5.13
Orofite-S-europee	Os	28.69	39.35	37.84	28.11	14.29
Orofite-SE-europee	Ose	0.65	0.93	—	4.17	4.39
Orofite-SW-europee	Osw	9.85	12.13	4.05	1.04	2.19
Mediterraneo-montane	Mm	0.13	—	—	—	—
Endemiti alpici	Al	1.83	3.73	1.35	1.04	1.83
Endemiti-E-alpici	Ae	0.39	2.33	—	—	—
Endemiti-W-alpici	Aw	5.90	3.26	13.51	7.29	2.56
Endemiti-NW-alpici	Anw	—	—	—	1.04	0.73
Endemiti-SW-alpici	Asw	1.18	—	2.70	—	1.09
Endemiti Alpi Marittime	Am	—	—	1.35	—	0.36
Totale endemiti		9.30	9.32	18.91	9.37	6.57

mento endemico la componente prevalente in tutti i cluster è rappresentata dagli endemiti delle Alpi Occidentali. Particolare significato fitogeografico riveste la diversa distribuzione delle varie componenti endemiche negli spettri corologici relativi ai criptogrammeti di alta quota. Nei rilievi delle Alpi Nordoccidentali (cluster 2) sono frequenti endemiti alpici, alpici orientali, e alpici occidentali con frequenze percentuali attorno al 3%; nei rilievi delle Alpi Sudoccidentali (cluster 3) prevalgono nettamente gli endemiti alpici occidentali (13.5%), cui si accompagnano endemiti alpici, endemiti alpici sud occidentali ed endemiti delle Alpi Marittime, con valori attorno al 2%. I due spettri corologici differiscono anche per l'ineguale ripartizione delle orofite europee sudoccidentali (specie alpino-pirenaiche), che presentano la loro massima frequenza nel cluster comprendente i rilievi delle Alpi Nordoccidentali. Nei criptogrammeti di alta quota delle Alpi Sudoccidentali questo corotipo è in gran parte sostituito dagli endemiti alpici occidentali.

I risultati dell'analisi della concentrazione applicati alla matrice corologica (Fig. 2) concordano con quelli ottenuti dall'analisi floristica. L'ordinamento dei gruppi di rilievi secondo i valori decrescenti della prima variabile canonica corrisponde infatti ad un gradiente altitudinale crescente. La correlazione tra la prima variabile canonica e l'altitudine media dei gruppi dei rilievi risulta infatti significativamente molto elevata ($r = -0.99$ $p < 0.005$). Per quanto riguarda l'ordinamento degli elementi corologici, si può notare come la prima

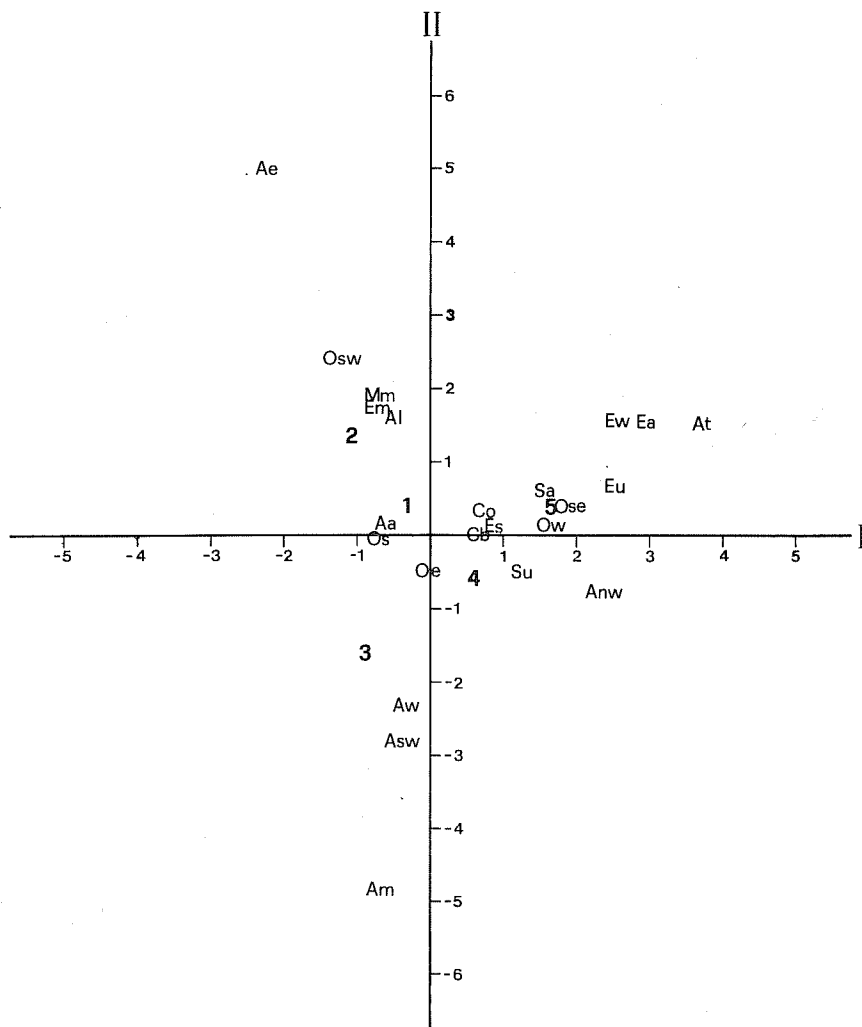


Fig. 2 - Ordinamento reciproco dei cluster dei rilievi e degli elementi corologici relativi alla vegetazione a *Cryptogramma crispa* delle Alpi Occidentali. I numeri corrispondono ai gruppi di rilievi; per le sigle corrispondenti agli elementi corologici cfr. Tab. IV.

variabile canonica separi in particolare i corotipi comprendenti specie ad ampia distribuzione nelle zone fitoclimatiche temperata e boreale (valori positivi) dai corotipi relativi a specie più microterme, artico-alpine, orofite europee, endemiti alpicci (valori negativi). Alcuni elementi corologici del primo gruppo (subcosmopolita, eurosibirico, europeo) risultano negativamente correlati al gradiente altitudinale, mentre l'incremento delle orofite S-europee e delle artico-alpine segue l'aumento dell'altitudine media dei cluster dei rilievi (Tab. V).

Tab. 5 - Correlazione tra alcuni elementi corologici e l'altitudine media dei gruppi di rilievi.

	Coefficiente di correlazione	significatività
Subcosmopolite	- 0.92	p < 0.025
Eurosibiriche	- 0.93	p < 0.025
Europee	- 0.96	p < 0.01
Artico-alpine	0.99	p < 0.01
Orofite S-europee	0.96	p < 0.01

L'ordinamento dei cluster dei rilievi secondo i valori crescenti della seconda variabile canonica riflette un gradiente geografico da Sud verso Nord attraverso le Alpi Occidentali. I cluster che presentano solo o in larga maggioranza rilievi delle Alpi Sudoccidentali corrispondono a valori negativi della seconda variabile canonica, mentre al polo opposto della stessa variabile si trova il cluster 2 esclusivamente formato da rilievi delle Alpi Nordoccidentali. I cluster 1 e 5 che presentano un numero più o meno corrispondente di rilievi dei due settori, occupano una posizione intermedia. Tra gli elementi corologici gli elementi alpici-occidentali sono gli unici ad essere significativamente correlati con la seconda variabile canonica ($r = -0.91$ $p < 0.025$).

Confronto con altri sistemi montuosi europei

L'analisi della matrice corologica di Tab. VI e il suo ordinamento derivato dall'analisi della concentrazione (Fig. 3) consentono di verificare le connessioni fitogeografiche tra la vegetazione a *C. crispa* delle Alpi Occidentali e le altre comunità ricche in pteridofite delle pietraie stabilizzate a grossi clasti dei principali sistemi montuosi dell'Europa Occidentale (Tab. II). All'interno di questa matrice i corotipi dotati di maggiore potere discriminante ($2I > 100$) risultano i seguenti: 1) orofite S-europee caratterizzanti i criptogrammeti della massima parte dell'Europa Sudoccidentale (Alpi, Appennini, Corsica, Pirenei); 2) elementi artico e artico-alpino, esclusivo il primo e prevalente il secondo in corrispondenza del polo settentrionale della distribuzione europea di *C. crispa* (Scozia e Norvegia Sudoccidentale); 3) alcuni corotipi endemici, quali gli endemiti corsi e sardo-corsi e gli endemiti iberici e centro-iberici che rispecchiano la peculiarità fitogeografica dei rispettivi sistemi montuosi di appartenenza (montagne della Corsica e Sierra de Guadarrama). Fitogeograficamente significative risultano inoltre sia l'assenza di endemiti nei criptogrammeti delle montagne nordeuropee, che il loro progressivo incremento da una frequenza percentuale relativamente bassa ($< 10\%$) nelle Alpi e negli Appennini, a valori più elevati compresi tra il 10 e il 20% nei Pirenei, fino alla punta massima ($> 30\%$) nei rilievi relativi alle montagne della Corsica e alla Sierra de Guadarrama.

Nel grafico che rappresenta la correlazione tra le prime tre variabili canoniche dell'analisi della concentrazione (Fig. 3), lo spettro corologico dei rilievi relativi al *Digitaleto-Senecietum carpetani* della Sierra de Guadarrama (SG)

Tab. 6 - Spettri corologici delle fitocenosi a *Cryptogramma crispa* dei principali rilievi europei. 2I: doppio della mutua informazione. L'asterisco indica i corotipi non discriminanti ($p > 0.05$). Sigle dei sistemi montuosi come in Tabb. IV e II.

Provenienza geografica		A1	A2	A5	AP	P1	P2	C1	C2	SC	N1	N2	N3	SG	2I
Cosmopolite	Co	3.9	1.9	4.4	3.1	0.6	2.6	1.1	1.3	14.8	—	9.3	9.0	—	54
Subcosmopolite	Su	5.5	—	8.1	11.7	0.6	—	—	5.1	2.6	—	—	—	2.8	62
Circumboreali	Cb	7.9	5.6	14.3	16.8	17.6	2.6	2.3	5.2	25.2	3.8	11.2	6.5	2.8	60
Eurasiatiche	Ea	0.6	—	3.3	—	0.6	—	—	1.3	2.6	—	—	—	—	20*
Eurosibiriche	Es	6.7	4.7	12.8	7.3	1.7	—	—	—	6.9	—	3.1	6.8	4.7	54
Euro-W-asiatiche	Ew	0.3	—	0.7	—	0.6	0.6	—	—	—	—	—	—	—	9*
Orofite euro-W-asiatiche	Ow	1.6	0.9	4.0	—	6.2	3.5	—	2.5	—	—	—	—	—	36
Artico-alpine	Aa	16.0	19.6	8.4	11.9	13.0	13.4	17.8	11.3	26.1	68.6	45.3	51.0	1.9	175
Artiche	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	6.1	18.1	18.6	14.3	—	143
Europee	Eu	1.2	0.5	9.5	1.4	—	2.6	—	1.3	1.7	—	—	—	0.9	38
Atlantiche	At	—	—	0.4	0.3	12.4	4.0	—	2.5	7.0	—	—	—	—	68
Subatlantiche	Sa	1.3	—	1.5	—	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	12*
Eurimediterranee	Em	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5*
Orofite europee	Oe	4.3	5.1	5.1	5.9	14.1	9.9	9.6	7.6	7.0	9.5	12.4	12.8	9.4	14*
Orofite-S-europee	Os	28.7	39.3	14.3	21.5	13.0	28.2	31.0	15.1	—	—	—	—	1.9	199
Orofite-SE-europee	Ose	0.6	0.9	4.4	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20*
Orofite-SW-europee	Osn	9.8	12.1	2.2	8.6	6.2	3.9	1.1	7.6	—	—	—	—	—	69
Mediterraneo-montane	Mm	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1*
W-mediterraneo-montane	Mmw	—	—	—	—	2.2	11.8	4.8	3.8	—	—	—	—	11.3	77
E-mediterraneo-montane	Mme	—	—	—	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20*
Endemiti alpici	Al	1.8	3.7	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
Endemiti-E-alpici	Ae	0.4	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10*
Endemiti-W-alpici	Aw	7.1	3.3	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46
Endemiti centro-mediterranei	Cm	—	—	—	2.2	—	—	7.2	3.8	—	—	—	—	—	41
Endemiti appenninici	Ap	—	—	—	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20*
Endemiti corsi e sardo-corsi	Cs	—	—	—	—	—	—	25.0	31.7	—	—	—	—	—	214
Endemiti pirenaico-cantabrici	Pi	—	—	—	—	7.8	9.8	—	—	—	—	—	—	—	67
Endemiti iberici	Ib	—	—	—	—	2.2	7.2	—	—	—	—	—	—	34.0	167
Endemiti centro-iberici	Ic	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.2	154

risulta nettamente separato da tutti gli altri, presentando valori positivi di tutte e tre le variabili. Ciò si deve verosimilmente all'elevato peso della componente endemica locale (endemiti iberici e centro-iberici) che infatti risulta strettamente correlata a SG.

Al polo opposto del grafico si collocano gli spettri corologici relativi ai criptogrammeti delle Alpi Occidentali (A1, A2, A5) dell'Appennino Settentrionale (AP) e quello calcolato sulla tabella vegetazionale del *Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis* (P1) dei Pirenei Occidentali e Centrali, tutti con valori negativi delle prime tre variabili canoniche. A1, A2, A5 e AP si raggruppano in posizioni abbastanza ravvicinate nel diagramma a testimonianza di una loro più stretta convergenza fitogeografica. La separazione all'interno di questo gruppo avviene soprattutto in base a differenti valori della seconda e della terza variabile canonica. L'ordinamento secondo i valori crescenti della seconda variabile canonica corrisponde ad un gradiente altitudinale in decremento. Le correlazioni degli elementi corologici con i quattro gruppi di rilievi si configurano come segue: l'elemento alpico e alpico-occidentale caratterizzano i gruppi di rilievi relativi alle Alpi Occidentali; l'elemento europeo è

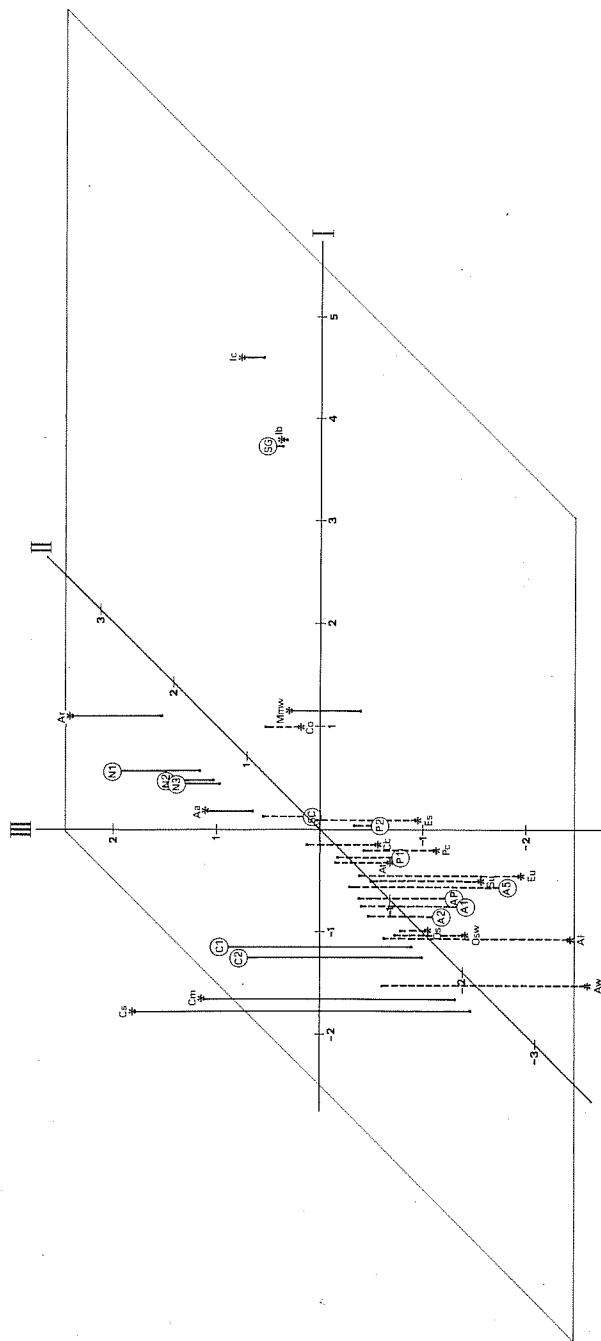


Fig. 3 - Ordinamento basato sull'analisi della concentrazione della matrice corologica di Tab. VI. Le sigle in maiuscolo corrispondono ai sistemi montuosi europei (cfr. Tab. II), la sigla con la sola iniziale maiuscola corrispondono agli elementi corologici (cfr. Tab. VI).

correlato con i criptogrammeti intrasilvatici delle Alpi Occidentali (A5); le specie subcosmopolite sono correlate ai rilievi dell'Appennino Settentrionale.

Lo spettro corologico del *Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis* si distacca dai precedenti soprattutto per i valori più elevati della seconda variabile canonica. In termini di corotipi la differenza si fonda soprattutto sulla stretta correlazione di questa associazione con l'elemento atlantico e quello pirenaico-cantabrico. Il secondo blocco di rilievi di origine pirenaica (P2), relativi all'associazione *Cryptogrammo-Poetum* si differenzia dal precedente, per uno spettro corologico maggiormente caratterizzato dalla componente endemica e da un maggior peso delle orofite S-europee e delle specie mediterraneo-montane occidentali, cui si accompagna una caduta del corotipo atlantico. Nel diagramma dell'ordinamento risulta inoltre ben chiara la posizione dell'elemento mediterraneo-montano occidentale di raccordo tra il *Cryptogrammo-Poetum* e il *Doronico-Senecietum carpetani*.

Gli spettri corologici dei rilievi relativi alle fitocenosi della Corsica si possono accostare al gruppo comprendente Alpi Occidentali, Appennino Settentrionale, Pirenei per i valori negativi della prima e seconda variabile canonica; si distaccano tuttavia nettamente da questo gruppo, collocandosi in posizione isolata nel grafico, per i valori positivi elevati della terza variabile canonica. Gli endemiti centro-mediterranei e quelli corsi e sardo-corsi rappresentano i corotipi più strettamente correlati a questi rilievi.

Gli spettri corologici della fitocenosi a *C. crispa* dell'Europa Nordoccidentale presentano valori negativi della prima variabile canonica (il che consente di separarli dal *Digitaleto-Senecietum carpetani*), e valori positivi della seconda variabile, fatto che permette di distinguerli dai rilievi del blocco alpino-appenninico-pirenaico e da quelli delle montagne della Corsica.

All'interno di questo gruppo la terza variabile canonica separa i rilievi della Norvegia Sudoccidentale (valori positivi) da quelli della Scozia (valori negativi). Gli elementi corologici correlati ai rilievi delle fitocenosi a *C. crispa* della Norvegia Sudoccidentale sono l'artico-alpino e l'artico. I rilievi relativi al *Cryptogrammo-Athyrietum chionophilum* degli Highlands scozzesi sono più debolmente correlati a questi due ultimi corotipi ed hanno uno spettro corologico caratterizzato dal peso relativamente elevato delle specie circumboreali e cosmopolite.

L'ordinamento degli spettri corologici dei gruppi di rilievi secondo valori crescenti della seconda variabile canonica corrisponde ad un gradiente geografico caratterizzato da un incremento di latitudine dalla Corsica fino alla Norvegia. In termini macroclimatici ciò corrisponde ad un decremento progressivo della temperatura media annua. La posizione isolata al polo positivo della prima variabile canonica dello spettro corologico relativo ai rilievi della Sierra de Guadarrama e il raggruppamento di tutti gli altri spettri dal lato negativo di questa variabile, riflette una separazione molto accentuata. In termini macroclimatici ciò potrebbe corrispondere ad un gradiente di oceanicità crescente dalle condizioni relativamente continentali della Sierra de Guadarrama (polo positivo della prima variabile canonica) a quelle relativamente

più oceaniche degli altri sistemi montuosi (polo negativo della prima variabile). L'ordinamento degli spettri corologici secondo la terza variabile canonica non risulta interpretabile in termini di analisi indiretta di gradiente, ma si rivela assai utile per una separazione ottimale dei vari gruppi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La fitocenosi a *C. crispa* delle Alpi Occidentali appare sensibilmente condizionata nella sua composizione floristica dal contesto vegetazionale in cui è inserita. Le cinque unità in cui questa vegetazione è stata suddivisa in base alla classificazione numerica risultano infatti distinte soprattutto attraverso specie differenziali trasgressive dalle comunità vegetali contigue. L'influenza del gradiente altitudinale sulla variazione floristica della comunità coinvolge soprattutto proprio queste specie.

Nei criptogrammeti di alta quota la diversificazione floristica sembra condizionata, oltre che dal gradiente altitudinale, anche dal contesto geomorfologico. Nel cluster relativo ai rilievi delle Alpi Nordoccidentali le specie differenziali sono trasgressive da praterie di alta quota (nardeti, curvuleti, vallette nivali). Ciò indica che la vegetazione a *C. crispa* colonizza falde ormai inattive o basi di falda relativamente lontane dalle pareti di alimentazione. Nel cluster 3, che comprende i criptogrammeti di alta quota delle Alpi Sudoccidentali, le specie differenziali sono in effetti glareofite che abitualmente colonizzano detriti più mobili. Il contesto ambientale è in questo caso rappresentato da falde ancora attive o da parti di falde più vicine alle pareti di alimentazione.

A parità di altitudine e in contesti geomorfologici più o meno corrispondenti, la vegetazione a *C. crispa* si mantiene floristicamente abbastanza omogenea lungo l'intero arco delle Alpi Occidentali. Solo nel settore meridionale (Alpi Marittime e Cozie) è presente un certo grado di diversificazione floristica nei criptogrammeti di alta quota, per l'aumentato peso assunto dalle specie endemiche, puntualmente riflesso nella composizione dello spettro corologico. La correlazione negativa tra endemiti alpici occidentali e seconda variabile canonica dell'analisi della concentrazione documenta a quale componente endemica sia da attribuire la responsabilità di questa debole variazione secondo un gradiente geografico Nord-Sud. Il gradiente non risulta peraltro interpretabile in termini ecologici, ma unicamente sulla base di considerazioni di tipo storico relative alle vicende paleoclimatiche e paleogeografiche delle Alpi Sudoccidentali.

La delimitazione di un'area fitogeograficamente omogenea nell'ambito dei sistemi montuosi europei occidentali, in cui poter approfondire lo studio fitosociologico ed ecologico di dettaglio su questa vegetazione, sembra possibile sulla base dei risultati dell'analisi della concentrazione riportati in Fig. 3. L'area dovrebbe comprendere le Alpi e l'Appennino Settentrionale ed eventualmente estendersi ai Pirenei Centrali e Occidentali. Al di fuori di quest'ambito un allargamento della ricerca sembra improponibile. La vegetazione a *C. crispa* del Nordeuropa appare floristicamente impoverita per quanto ri-

guarda le piante vascolari e fortemente arricchita nella sua componente briofitica, peraltro non considerata nel presente lavoro. Secondo Dahl (1987) essa appare inquadrabile nella classe *Salicetea herbaceae* ed andrebbe quindi considerata come vegetazione di valletta nivale. Le fitocenosi a *C. crispa* delle montagne della Corsica presentano una composizione floristica profondamente modificata rispetto al modello alpino, soprattutto per l'elevato numero di endemiti. Considerazioni analoghe valgono per il *Digitaleto-Senecietum carpetani* della Sierra de Guadarrama. In questi due ultimi casi la notevole diversità della composizione floristica e dello spettro corologico lasciano adito a parecchi dubbi sulla effettiva comparabilità di queste fitocenosi con quella delle Alpi. Il loro inserimento nella presente indagine fitogeografica è giustificato dalla necessità di partire da una base di dati fitogeograficamente la più ampia possibile.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Prof. P. Sunding (Oslo) per aver gentilmente reso disponibili i dati relativi alla Norvegia Sudoccidentale e il Sig. N. Mele (Bologna) per l'esecuzione dei grafici.

BIBLIOGRAFIA

- BRAUN-BLANQUET J., 1949 - *Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiums (II)* - Vegetatio, 1: 129-146.
- BURNETT J.H., 1964 - *The vegetation of Scotland* - Oliver & Boyd, Edinburgh.
- CAPELLO C.F., 1960 - *Terminologia e sistematica dei fenomeni dovuti al gelo discontinuo* - Giappichelli, Torino.
- DAHL E., 1987 - *Alpine-Subalpine plant communities of South Scandinavia* - Phytocoenologia, 15(4): 455-484.
- FEOLI E., ORLOCI L., 1979 - *Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables* - Vegetatio, 40: 49-54.
- FEOLI E., LAGONEGRO M., ORLOCI L., 1984 - *Information analysis of vegetation data* - Junk, The Hague.
- FERRARINI E., CIAMPOLINI F., PICHI SERMOLLI R.E.G., MARCHETTI D., 1986 - *Iconographia Palynologica Pteridophytorum Italiae* - Webbia, 40(1): 1-202.
- FREY E., 1922 - *Die Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend im Gebiet der Zukunftsigen Stauseen* - Mitteil. Naturf. Gesellsch. 6.
- GAMISANS J., 1976 - *La végétation des montagnes corses* - Phytocoenologia, 3(4): 425-498.
- GRAMISANS J., 1977 - *La végétation des montagnes corses - Troisième partie* - Phytocoenologia 4(2): 133-179.
- GAMS H., 1927 - *Von den Follatères zur Dent de Morcles* - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 15.
- GIACOMINI V., PIROLA A., WIKUS E., 1962 - *I pascoli dell'alta Valle di S. Giacomo (Spluga)* - Flora et vegetatio italica, Mem. 4, Gianasso, Sondrio.
- GJAEREVOLL O., 1956 - *The plant communities of the Scandinavian alpine snow-beds* - Kongel. Norske Vidensk. Selsk. Skr., 1956 (1): 1-405.
- HESS H.E., LANDOLT E., HIRZEL R., 1967-1972 - *Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete* - Birkhäuser, Basel, 3 voll.
- JALAS J., SUOMINEN J., 1972 - *Atlas Florae Europaeae. Distribution of vascular plants in Europe. I. Pteridophyta (Psilotaceae to Azollaceae)* - Academic Bookstore, Helsinki.
- JENNY-LIPS H., 1930 - *Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felschutt* - Phytosoziologische Untersuchungen in den Glärner Alpen. Beih. Bot. Centralbl., 46: 119-296.
- LÜDI W., 1921 - *Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession* - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 9.
- MC VEAN D.N., RATCLIFFE D.A., 1962 - *Plant communities of the Scottish Highlands* - H.M. Stationery Office, London.

- NEGRE R., 1968 - *La végétation du bassin de l'One (Pyrénées Centrales)* - Portugaliae Acta Biologica, 9(3-4): 196-290.
- NORDHAGEN R., 1936 - *Versuch einer neuen Einteilung der Subalpinen-alpinen Vegetation Norwegens* - Bergens Museum Arbok, Naturvidensk. rekke, 1936 (7): 1-88.
- NORDHAGEN R., 1943 - *Sikiisdalen og Norges Fjellbeiter* - Bergens Museum Skr., 22: 1-607.
- ORLOCI L., 1978 - *Multivariate analysis in vegetation research* - Junk, The Hague.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia* - Edagricole, Bologna, 3 voll.
- RIVAS MARTINEZ S., 1963 - *Estudio de la vegetación y flora de las Sierras de Guadarrama y Gredos* - Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 21: 5-325.
- RIVAS MARTINEZ S., 1977 - *La vegetación de los pedregales de los Pirineos (Thlaspietea rotundifolii)* - Phytocoenologia, 4(1): 14-34.
- TUTIN J.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A., 1964-1980 - *Flora Europaea* - Cambridge University Press, Cambridge, 5 voll.
- VAN DER MAAREL E., 1979 - *Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity* - Vegetatio, 39: 97-144.