

Lo stress ambientale e il risparmio energetico nei meccanismi di impollinazione nelle cenosi erbacee

LIVIO POLDINI, MARISA VIDALI

Dipartimento di Biologia - Università degli Studi di Trieste

SUMMARY

Studies of correlations between chorological groups, flower colours, pollination methods and pedological evolution carried out for seven vegetation units of meadows and pastures of the Carso region (N.E. Italy) are reported.

Bright colours and entomophilous pollination can be correlated with primitive soils and with Sub-Mediterranean and Illyrian chorological groups; whereas subtler shades (green and white), anemophilous pollination, so-called «fresh» chorological groups (European, Euro-Siberian, Euro-Asiatic and Circumboreal) are correlated with more-highly evolved soil types.

The following hypothesis is advanced: that the «fresh» elements, living under conditions of environmental stress, must of necessity be facultative autogams and that oligotrophic ecosystems provoke energy-saving strategies, such as the development of autogamy and of bright colours. The species of eutrophic ecosystems, in contrast, tend to dissipate more energy in reproductive activity.

PREMESSA

Scopo di questo lavoro è stato quello di valutare per sette associazioni erbacee del Carso nord-adriatico i tipi di impollinazione e raffrontarli quindi con i geoelementi, gli indici ecologici di Landolt ed i colori dei fiori.

Il materiale di partenza è costituito da tabelle fitosociologiche rilevate nel territorio (Poldini, in pubbl.), concernenti, le seguenti associazioni: *Stipo-Salvietum officinalis* Horvatić (56) 58 em. Poldini, *Chrysopogono - Centaureetum cristatae* Ferlan et Giacomini 1955 em. Poldini, *Carici humilis-Centaureetum rupestris* Horvat 31 - forma collinare, *Carici humilis-Centaureetum rupestris* Horvat 31 - forma montana, *Genisto sericeae-Seslerietum juncifoliae* Poldini 80, *Danthonio-Scorzoneretum villosae* Horvat et Horvatić (56) 58, *Arrhenatheretum elatioris* Br.-Bl. ex Scherr. 25.

METODI

Nell'ambito delle sette associazioni dei prati e pascoli carsici sono state utilizzate tutte le specie con classe di frequenza maggiore di due per un totale di 195. Per ciascuna specie si sono presi in considerazione: il gruppo corologico (Poldini, in schedis), gli indici ecologici di Landolt (1977), il colo-

re dei fiori (Pignatti, 1982) ed il tipo di impollinazione dedotto dalla letteratura (Oberdorfer, 1979; Hegi, 1906-1931).

Degli otto indici di Landolt ne sono stati considerati solo cinque ed in particolare: la quantità di nitrati (N), la granulometria (D), l'igrofilia edafica (F), la quantità di humus (Hm) e le fasce altimetriche (T).

Per quanto riguarda i tipi di impollinazione sono stati distinti i casi di autogamia, anemofilia ed entomogamia; nell'ambito di quest'ultima sono stati precisati, ove possibile, gli insetti impollinatori (api, bombi, coleotteri, imenotteri, mosche e farfalle). Va ripetuto che questi sono dati ricavati dalla letteratura e non derivanti da osservazioni dirette di campagna.

Nell'ambito dei fiori sono stati considerati i seguenti colori: bianco, giallo, rosa, rosso, verde, azzurro e viola.

Per ricavare le percentuali dei diversi gruppi corologici nelle sette associazioni si è operato nel modo seguente: la sommatoria delle classi di frequenza delle specie appartenenti allo stesso gruppo corologico è stata divisa per il totale delle frequenze di tutta l'associazione; il valore così ottenuto è stato poi trasformato in percentuale. Analogamente si è proceduto per il colore dei fiori e per il tipo di impollinazione. In quest'ultimo caso bisogna inoltre precisare che le specie autogame sono pochissime, solitamente in esse, accanto all'autogamia, sono presenti anche l'entomogamia o l'anemofilia, pertanto sono state conteggiate due volte e la sommatoria delle colonne della tabella relativa supera il 100%.

Nell'ambito dell'entomogamia sono state inoltre calcolate le percentuali dei diversi insetti impollinatori. La sommatoria delle classi di frequenza delle specie impollinate dallo stesso tipo di insetto è stata divisa per il totale delle specie entomogame precedentemente ricavato per ciascuna associazione e riportato in percentuale. Anche in questo caso i valori in tabella superano il 100%, in quanto numerose specie vegetali sono impollinate da più insetti.

Per quanto riguarda invece gli indici ecologici la procedura è stata un po' diversa: nell'ambito di ogni associazione la classe di frequenza di ciascuna specie è stata moltiplicata per il suo specifico indice ecologico; la sommatoria dei prodotti è stata successivamente divisa per il totale delle frequenze della singola associazione.

Con il programma Eivave (Lagonegro e Feoli, 1984) è stato possibile ottenere l'ordinamento delle sette associazioni sulla base di tutte le specie. Su questo sono state riportate le percentuali dei gruppi corologici e dei tipi di impollinazione precedentemente ricavati.

Successivamente si è voluto verificare se esiste o meno una correlazione significativa tra le seguenti variabili: tipi di impollinazione — gruppi corologici, indici ecologici — tipi di impollinazione, colori — insetti impollinatori e colori — gruppi corologici applicando il programma Reglin (Lagonegro e Feoli, 1985). Questo permette di ottenere una stima di una delle due variabili in funzione dell'altra ed un modello della loro relazione. Dal momento che i nostri valori si riferiscono a sette associazioni, i gradi di libertà risultano 5 (gradi di libertà = $n-2$, dove $n = 7$) ed il coefficiente di correlazione R per

i corrispondenti gradi di libertà deve essere almeno uguale a 0.75 (pari al 5% di probabilità) per ottenere rette significative (Bailey, 1959).

L'affinità delle sette associazioni sulla base del tipo di impollinazione è stata valutata mediante il programma Distanze (Lagonegro e Feoli, 1985), che ha permesso di ottenere la classificazione gerarchica con il metodo della distanza euclidea.

Da ultimo i programmi Copri 1 e Copri 2 (Lagonegro e Feoli, 1985) sono stati usati per l'analisi delle componenti principali, che hanno permesso di ottenere sia l'ordinamento delle variabili che degli oggetti sullo stesso grafico. È stato così ricavato l'ordinamento delle sette associazioni in funzione dei gruppi corologici e dei tipi di impollinazione e l'ordinamento sempre delle sette associazioni in funzione dei gruppi corologici e degli indici ecologici.

OSSERVAZIONI

Sull'ordinamento delle sette associazioni sulla base di tutte le specie, ottenuto mediante il programma Eivave, sono stati riportati i valori espressi in percentuale (tab. 1) dei tre diversi tipi di impollinazione.

Le specie autogame (fig. 1) prevalgono nel *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*, nel *Danthonio-Scorzoneretum villosae* e nell'*Arrhenatheretum* e sono riconducibili ai geoelementi «freschi» (europeo, eurosibirico, eurasiatico).

Per spiegare il fatto che le specie autogame potenziali appartengano ai geoelementi «freschi» è opportuno richiamarsi all'ipotesi di Stebbins (in Faegri e Van Der Pijl, 1971), che mette in relazione l'autogamia con gli stress ambientali; questo meccanismo consente alle specie di assicurare comunque la propria riproduzione anche in condizioni ambientali sfavorevoli.

È ragionevole infatti supporre che gli elementi «freschi» (microtermi), presenti nelle formazioni erbacee del Carso, si trovino in condizioni di stress fisiologico soprattutto nei mesi estivi e che quindi la selezione climatica abbia ammesso soltanto le specie dotate di autogamia opzionale.

Le specie entomofile (fig. 2) sono ben rappresentate nelle cenosi più primitive, mentre calano nel dantonio — scorzonereto e nell'arrenatereto, che viceversa presentano un'elevato numero di anemofile (fig. 3).

Nell'ambito delle specie entomofile, si è voluto vedere quali sono gli insetti impollinatori e in che percentuale partecipano all'interno di ciascuna cenosi. Dalla tab. 2 si nota un decremento degli impollinatori passando dalle cenosi più primitive a quelle più evolute; solo i ditteri (mosche) presentano un aumento nell'arrenatereto.

In tab. 3 sono riportate le percentuali dei gruppi corologici nelle sette associazioni da cui si nota una preponderanza di specie eurimediterranee, pontiche, mediterraneo - pontiche ed illiriche nelle cenosi più primitive e viceversa un incremento degli elementi «freschi» (eurosibirico, eurasiatico, europeo e circumboreale) nelle associazioni edaficamente più evolute. I valori dei gruppi corologici risultati più significativi sono stati riportati nelle figg. 4, 5, 6, 7 e 8 dove le sette associazioni sono disposte secondo l'ordinamento

TABELLA 1 - Tipi di impollinazione (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Autogamia	17.5	22.8	17.9	14.4	12.1	19.4	24.7
Entomogamia	79.6	73.7	77.8	81.2	80.2	69.2	66.1
Anemofilia	20.4	26.3	21.4	21.1	19.8	30.8	33.3

TABELLA 2 - Impollinatori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Api	65.8	46.5	46.1	35.1	38.3	48.4	45.2
Mosche	34.1	23.2	18.7	18.8	13.7	21.6	32.2
Bombi	25.6	18.6	19.2	18.8	6.8	15.3	13.0
Farfalle	25.6	18.6	18.7	22.1	13.7	17.2	13.0
Imenotteri	7.3	7.7	8.8	10.1	13.7	7.0	10.4
Coleotteri	2.4	12.4	13.2	7.7	8.2	12.1	12.2
Vespe	6.1	1.5	0.5	-	-	-	-
Apoidee	91.4	65.1	65.3	53.9	45.1	63.7	58.2
Aculeati	97.5	66.6	65.8	53.9	45.1	63.7	58.2

Farfalle = Farfalle + Falene

Apoidee = Api + Bombi

Aculeati = Api + Bombi + Vespe

TABELLA 3 - Gruppi corologici (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Cosmopolita	-	-	-	-	-	-	3.4
Circumboreale	-	-	-	3.1	-	4.8	11.5
Eurosibirico	17.5	9.7	8.1	10.9	3.3	20.7	23.0
Eurasiatco	5.8	2.3	6.8	8.2	5.5	15.4	28.2
Europeo	9.7	9.7	8.1	9.0	3.3	13.2	9.8
Pontico	6.8	8.0	14.5	11.7	13.2	8.8	1.7
Medit.-Pontico	2.9	4.6	0.9	0.8	2.2	0.9	2.3
Eurimediterraneo	19.4	29.1	20.5	11.7	9.9	11.5	6.3
Medit.-Atlantico	-	0.6	0.9	1.2	4.4	-	1.7
Medit.-Montano	8.7	11.4	8.1	15.6	12.1	4.4	-
S-Illirico	10.7	10.3	16.2	16.0	34.1	7.9	2.3
N-Illirico	-	1.7	0.4	0.8	3.3	0.9	1.1
SE-Europeo	8.7	10.9	14.1	10.2	7.7	11.5	8.6
Alpino	-	0.6	0.9	0.8	1.1	-	-
Endemico	-	1.1	0.4	-	-	-	-
Stenomediterraneo	9.7	-	-	-	-	-	-

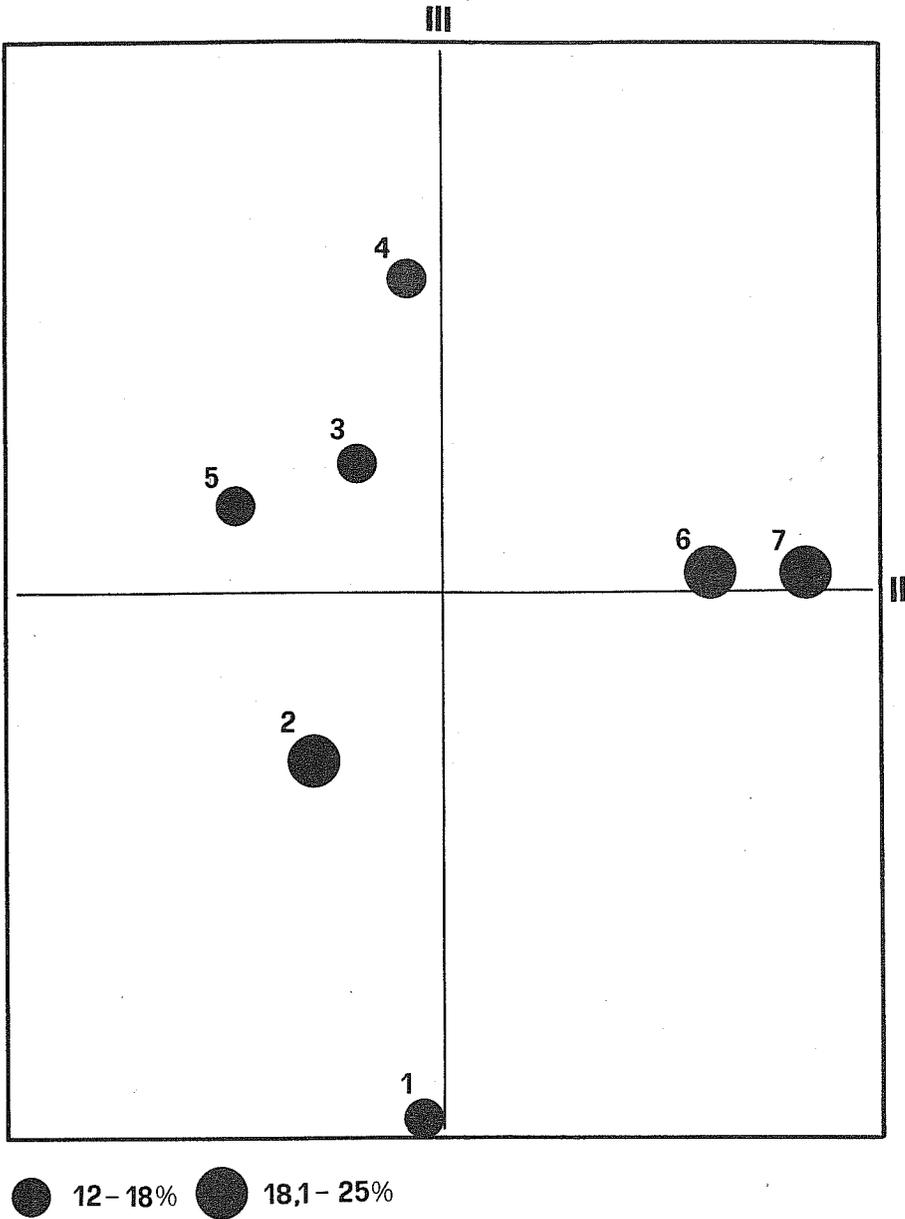


FIG. 1 - Specie autogame (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Cavici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

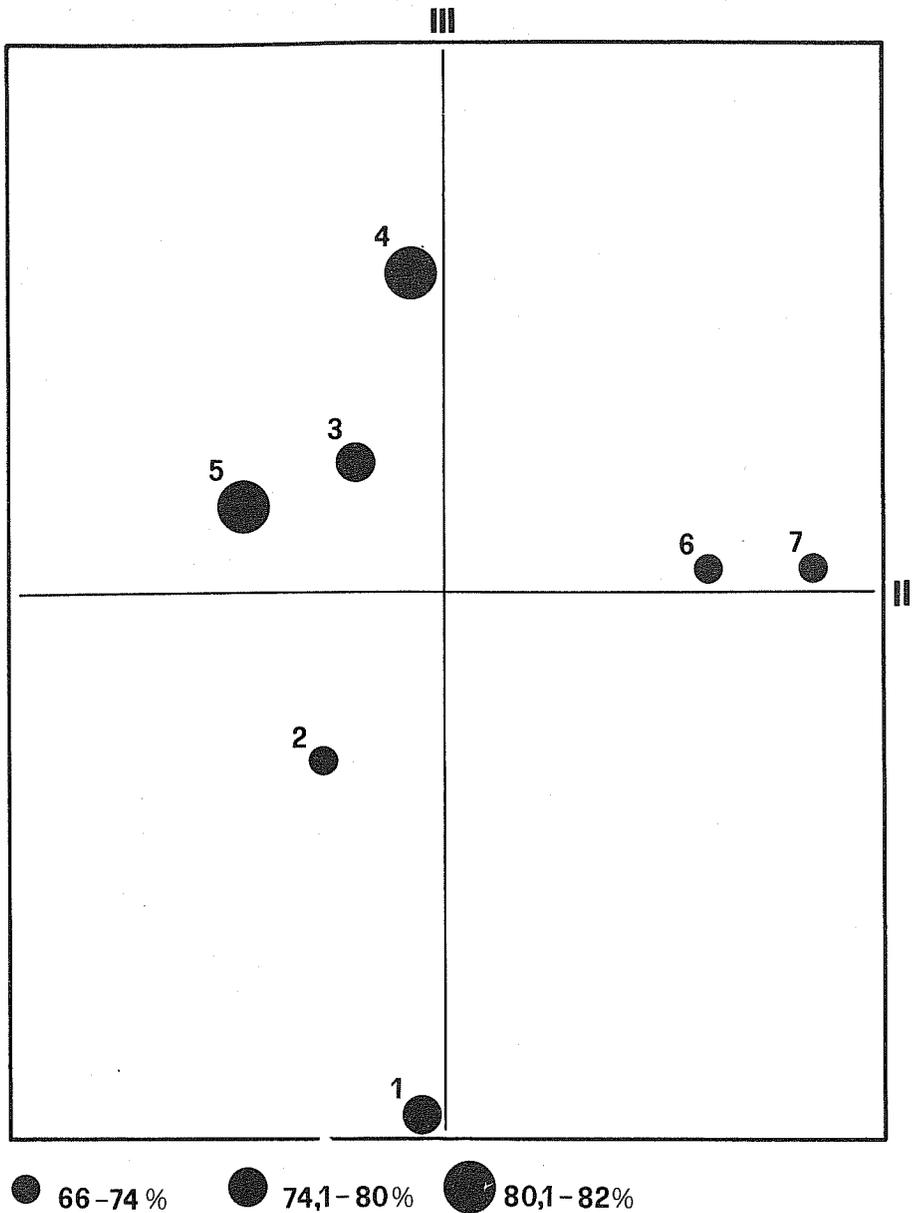


FIG. 2 - Specie entomogame (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

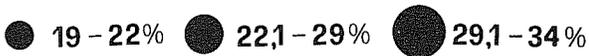
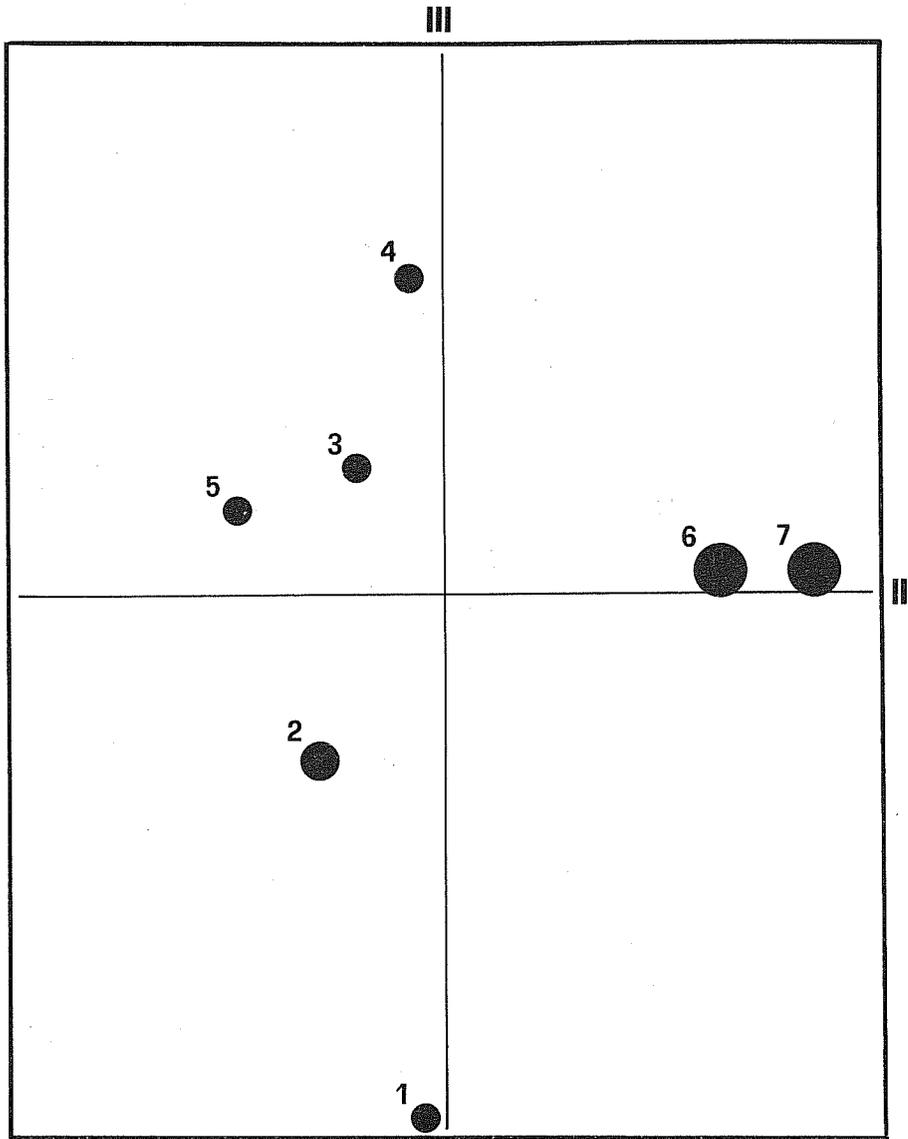


FIG. 3 - Specie anemofile (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danibonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

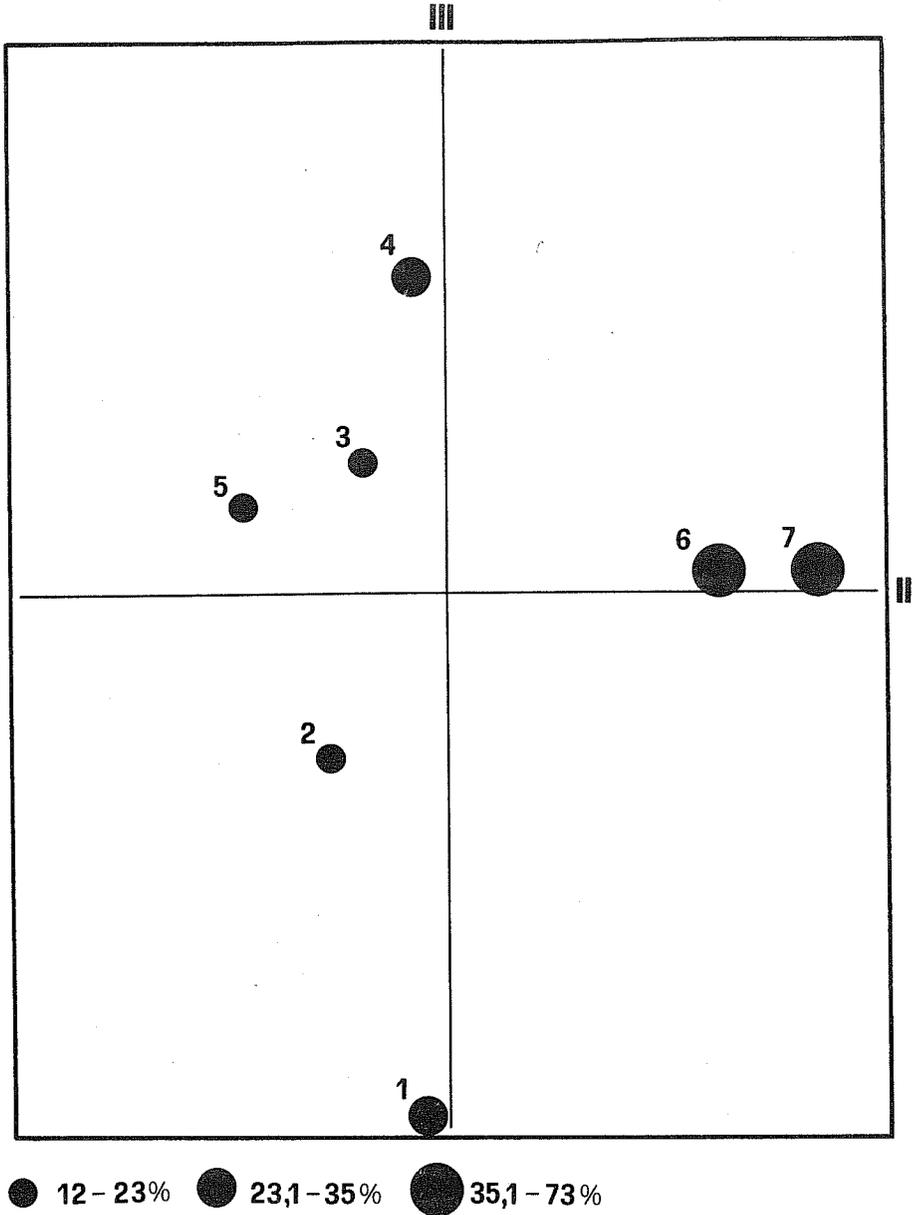
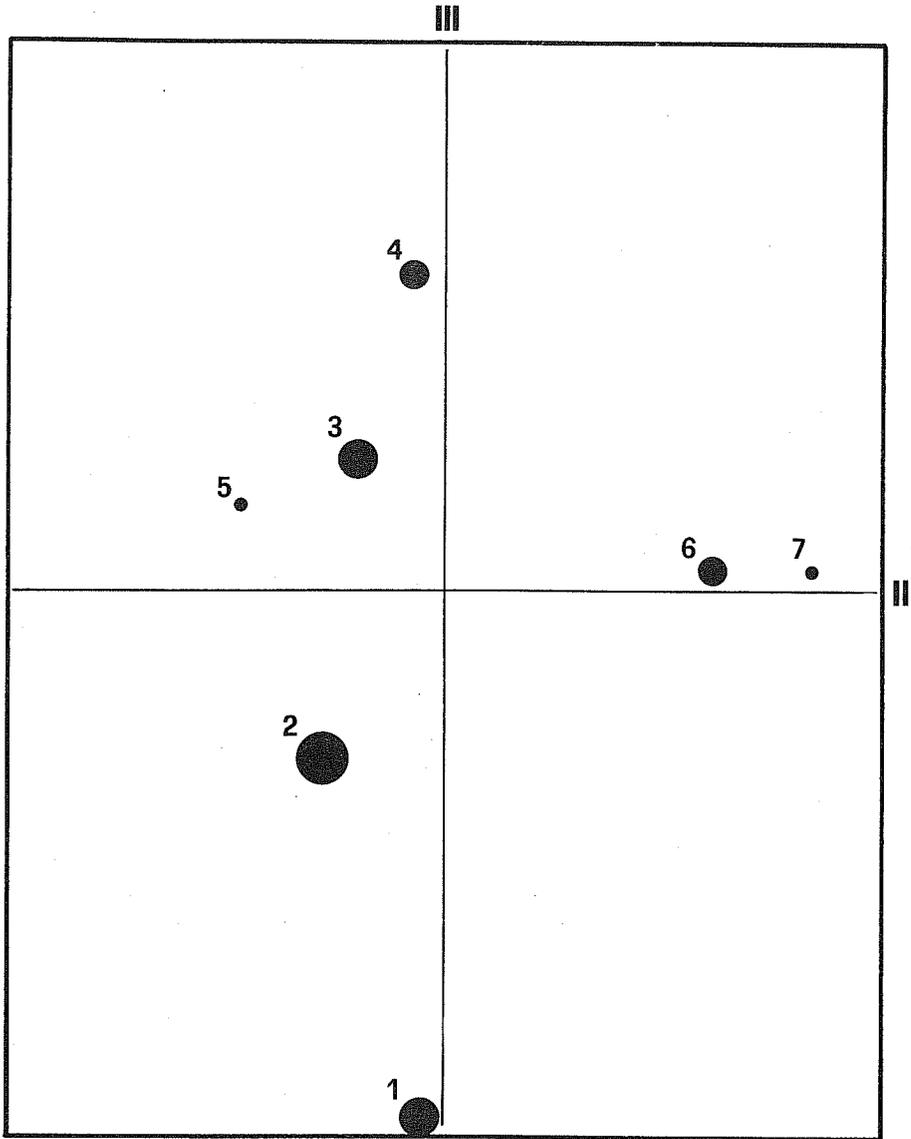


FIG. 4 - Specie mesofile (Circumboreali, Eurasiatiche, Eurosibiriche, Europee - valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).



● 6 - 10% ● 10,1 - 14% ● 14,1 - 21% ● 21,1 - 30%

FIG. 5 - Specie Eurimediterranee (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

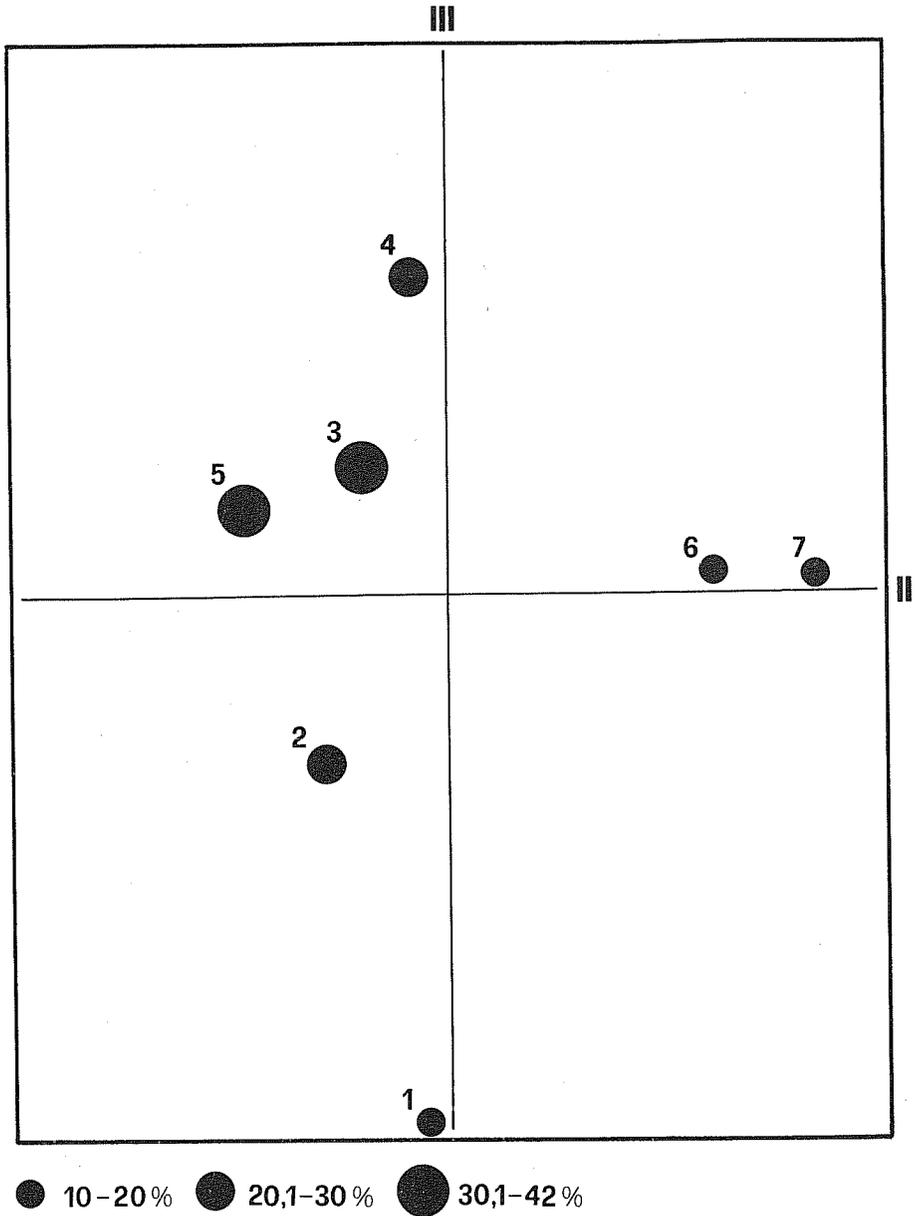


FIG. 6 - Specie S-Illiriche e SE-Europee (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

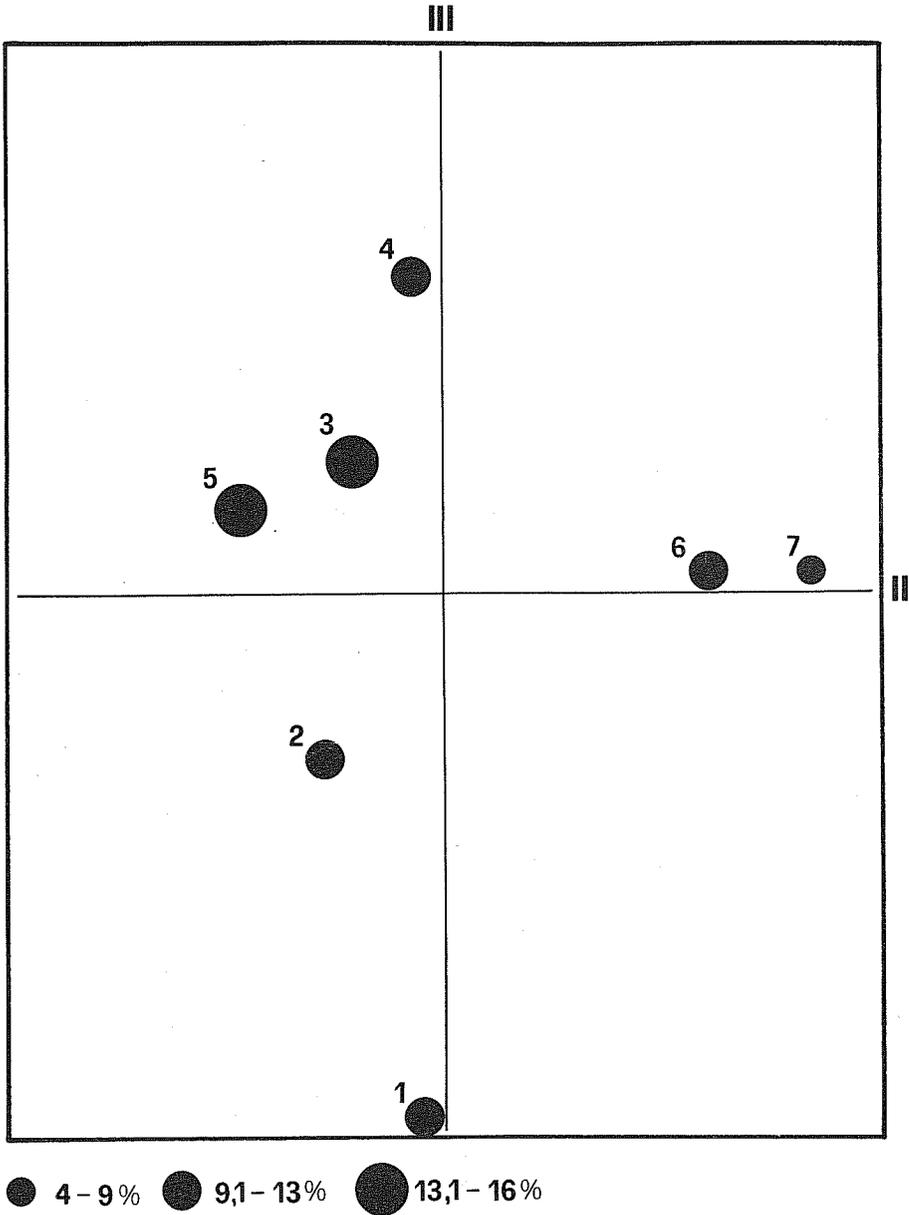


FIG. 7 - Specie Pontiche e Mediterraneo-Pontiche (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

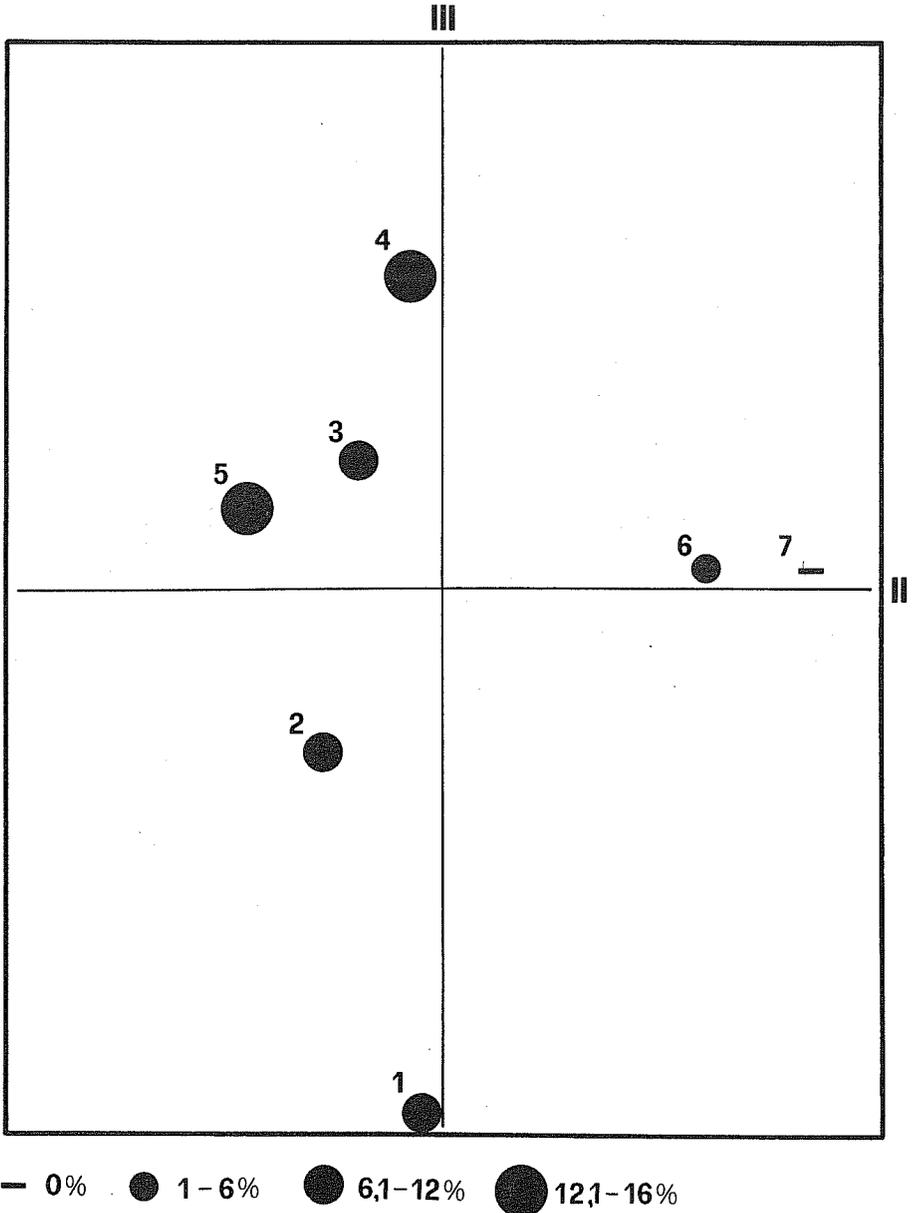


FIG. 8 - Specie Mediterraneo-Montane (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee ordinate sulla base di tutte le specie (programma Eivave).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ottenuto con il programma Eivave, e confrontati con i grafici dei tipi di impollinazione. In corrispondenza delle associazioni più evolute si registra un'alta percentuale sia di specie anemofile che dei geoelementi più «freschi»; le specie entomofile si localizzano invece nelle cenosi più primitive dove si rileva una presenza elevata di specie eurimediterranee, sud-illiriche, sud-est-europee, pontiche, mediterraneo-pontiche e mediterraneo-montane.

Le specie autogame, come già visto in precedenza, prevalgono nel dantonio - scorzonere, nell'arrenatero e nel crisopogoneto dove contemporaneamente c'è un incremento dell'elemento mesofilo europeo - eurosibirico.

Applicando il programma Reglin è stato possibile verificare, su base matematica, se la correlazione tra i tipi di impollinazione ed i gruppi corologici fosse significativa o meno.

Nelle tab. 4, 5 e 6 vengono riportati i valori dei gruppi corologici e dei tre diversi tipi di impollinazione, che sono stati messi in correlazione.

Il gruppo dei geoelementi «freschi» (circumboreale, eurasiatico, eurosibirico ed europeo) risulta correlato positivamente con l'aumento delle specie anemofile (fig. 9) ed entrambe le variabili presentano un'alta concentrazione nelle cenosi più evolute. Si ha invece una correlazione negativa tra le specie anemofile e le mediterraneo-montane, il gruppo delle pontiche e delle mediterraneo-pontiche e quello delle eurimediterranee, sud-illiriche e sud-est-europee.

Si è ottenuta una correlazione positiva tra le specie entomofile ed i geoelementi mediterraneo-montano, pontico e mediterraneo-pontico, ed il gruppo eurimediterraneo, sud-illirico e sud-est-europeo, correlazione negativa invece con i geoelementi più «freschi» (fig. 10).

Le specie autogame presentano una correlazione negativa con gli elementi illirico e sud-est-europeo (fig. 11).

Successivamente sono stati presi in considerazione quattro degli otto indici di Landolt — in particolare l'igrofilia edafica (F), il contenuto in nitrati (N), la quantità di humus (Hm) e la granulometria (D) — e questi sono stati messi in correlazione con le sette cenosi prative carsiche.

In linea di massima questi indici aumentano passando dalle cenosi più primitive a quelle più evolute (tab. 7), soltanto nel *Genisto-Seslerietum juncofoliae* si nota una diminuzione dovuta al fatto che si tratta della cenosi più primitiva fra quelle considerate.

In fig. 12 si può notare come le specie entomogame risultino correlate negativamente e quelle anemofile (fig. 13), viceversa, positivamente con i quattro indici di Landolt considerati. I valori di queste variabili sono riportati nelle tab. 8 e 9.

Successivamente sono stati presi in considerazione i colori dei fiori nelle sette cenosi prative; i valori ricavati sono riportati in tab. 10, dalla quale si può notare una maggiore presenza dei colori giallo, rosa e viola nelle cenosi più primitive — il rosso è presente abbastanza uniformemente in tutte le associazioni, cala solo nell'arrenatero —, una netta predominanza del verde nelle cenosi più evolute (dantonio - scorzonere e arrenatero); il bianco e l'azzurro prevalgono invece nel cariceto montano e nel genisto - seslerieto.

TABELLA 4 - Correlazione fra gruppi corologici e anemofilia (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Anemofilia	20.4	26.3	21.4	21.1	19.8	30.8	33.3
I Circumboreale							
Eurosibirico							
Eurasiatico							
Europeo	33.0	21.7	23.0	31.2	12.1	54.1	72.5
II Eurimediterr.							
S-Illirico							
SE-Europeo	38.8	50.3	50.8	37.9	51.7	30.9	17.2
III Medit.-Montano	8.7	11.4	8.1	15.6	12.1	4.4	-
IV Pontico							
Medit.-Pontico	9.7	12.6	15.4	12.5	15.4	9.7	4.0

TABELLA 5 - Correlazione fra gruppi corologici e entomogamia (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Entomogamia	79.6	73.7	77.8	81.2	80.2	69.2	66.1
I Circumboreale							
Eurasiatico							
Eurosibirico							
Europeo	33.0	21.7	23.0	31.2	12.1	54.1	72.5
II Eurimediterr.							
S-Illirico							
SE-Europeo	38.8	50.3	50.8	37.9	51.7	30.9	17.2
III Medit.-Montano	8.7	11.4	8.1	15.6	12.1	4.4	-
IV Pontico							
Medit.-Pontico	9.7	12.6	15.4	12.5	15.4	9.7	4.0

Si è voluto vedere se c'era o meno una correlazione significativa tra i colori dei fiori e gli insetti impollinatori, i cui valori sono espressi in tab. 11.

In fig. 14 sono riportate le rette di regressione che sono risultate essere significative; le api, le apoidee (api e bombi) e gli aculeati (api, bombi e vespe) risultano correlati negativamente con il colore bianco, gli imenotteri sono invece correlati positivamente sia con il colore bianco che con l'azzurro. Con tutte le altre variabili non si sono ottenute rette significative.

TABELLA 6 - Correlazione fra gruppi corologici e autogamia (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Autogamia	17.5	22.8	17.9	14.4	12.1	19.4	24.7
I Eurosibirico	17.5	9.7	8.1	10.9	3.3	20.7	23.0
II S-Ilirico SE-Europeo	19.4	21.2	30.3	26.2	41.8	19.4	10.9
III N-Ilirico S-Ilirico SE-Europeo	19.4	22.9	30.7	27.0	45.1	20.3	12.0

TABELLA 7 - Fattori ecologici espressi con gli indici di Landolt nelle sette cenosi erbacee.

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Igrofilia edafica (F)	1.44	1.24	1.39	1.68	1.25	1.92	2.40
Nitrati (N)	2.01	1.91	1.95	2.04	1.64	2.28	2.78
Humus (Hm)	2.44	2.45	2.49	2.68	2.09	2.81	3.02
Granulometria (D)	2.88	2.98	3.02	3.32	2.79	3.50	3.79

TABELLA 8 - Correlazione fra fattori ecologici, espressi con gli indici di Landolt, ed entomogamia (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(N = nitrati; D = granulometria; Hm = humus; F = igrofilia edafica.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Entomogamia	79.6	73.7	77.8	81.2	80.2	69.2	66.1
N	2.01	1.91	1.95	2.04	1.64	2.28	2.78
D	2.88	2.98	3.02	3.32	2.79	3.50	3.79
Hm	2.44	2.45	2.49	2.68	2.09	2.81	3.02
F	1.44	1.24	1.39	1.68	1.25	1.92	2.40

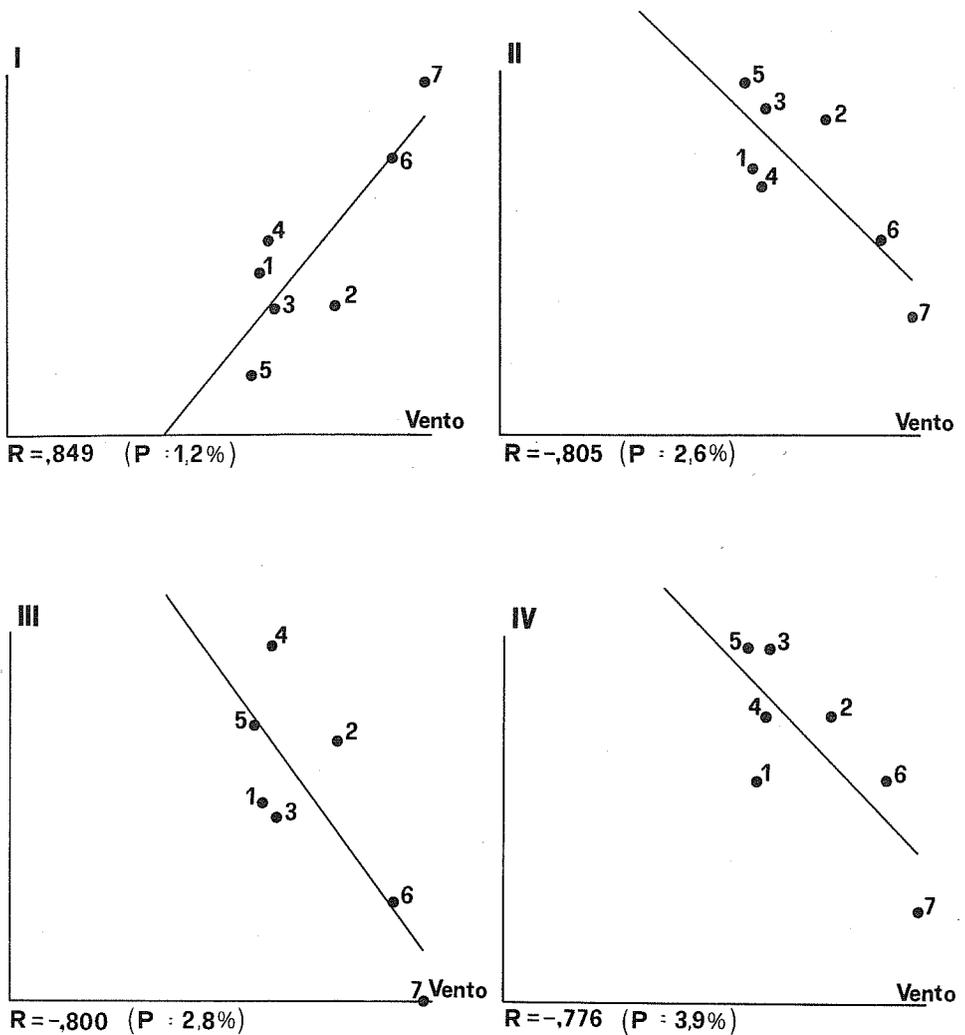


FIG. 9 - Correlazione fra impollinazione anemofila e gruppi corologici (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(I = Circumboreale, Eurosibirico, Eurasiatico, Europeo; II = Eurimediterraneo, S-Ilirico, SE-Europeo; III = Mediterraneo-Montano; IV = Pontico, Mediterraneo-Pontico.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

In un secondo momento sono stati correlati i colori dei fiori ed i gruppi corologici, i cui valori sono riportati in tab. 12.

In fig. 15 si vede come i geoelementi «freschi» siano correlati positivamente con il verde e negativamente con il giallo e l'azzurro; gli elementi mediterraneo-montano, pontico e mediterraneo-pontico, il gruppo eurimedi-

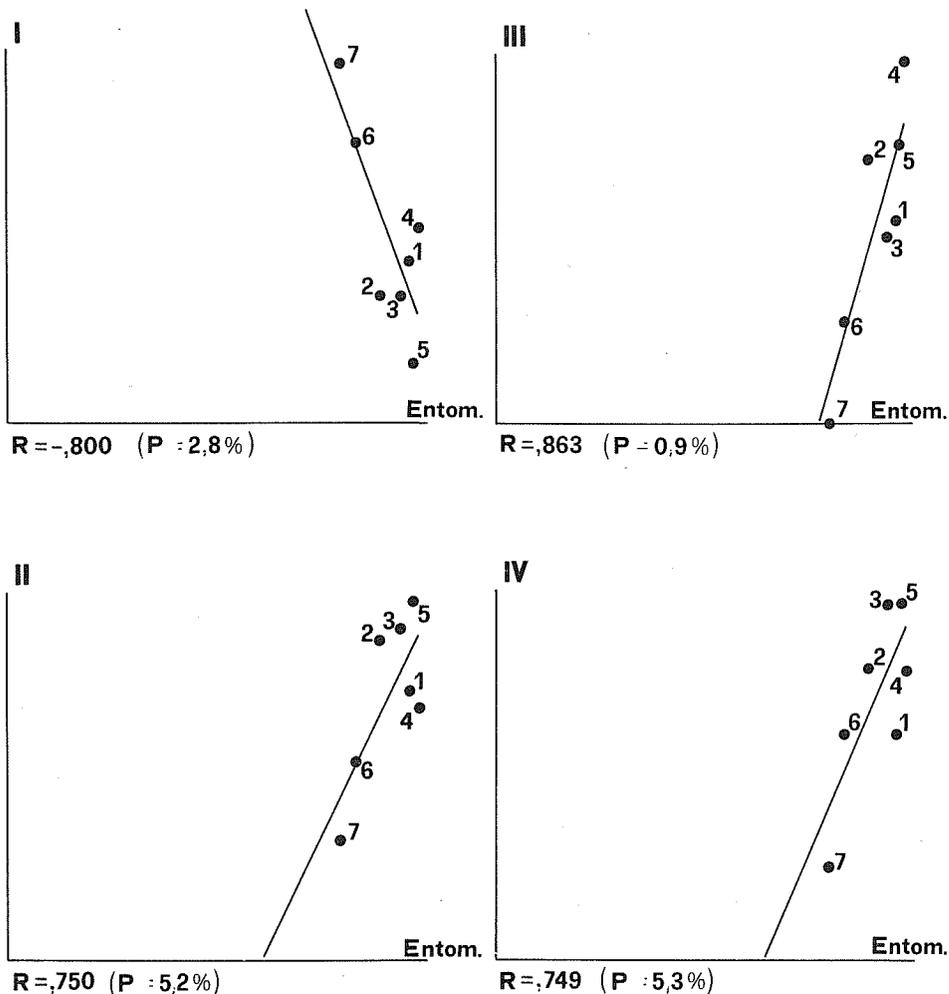


FIG. 10 - Correlazione fra impollinazione entomofila e gruppi corologici (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(I = Circumboreale, Eurosibirico, Eurasiatico, Europeo; II = Eurimediterraneo, S-Illirico, SE-Europeo; III = Mediterraneo-Montano; IV = Pontico, Mediterraneo-Pontico.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

terraneo, illirico e sud-est-europeo sono viceversa correlati positivamente con il colore giallo e negativamente con quello verde (fig. 16); l'elemento eurimediterraneo, considerato singolarmente, risulta inoltre essere correlato positivamente con il colore rosa e negativamente con il bianco (fig. 17).

Si è inoltre verificato se c'era o meno una affinità tra le sette associazioni

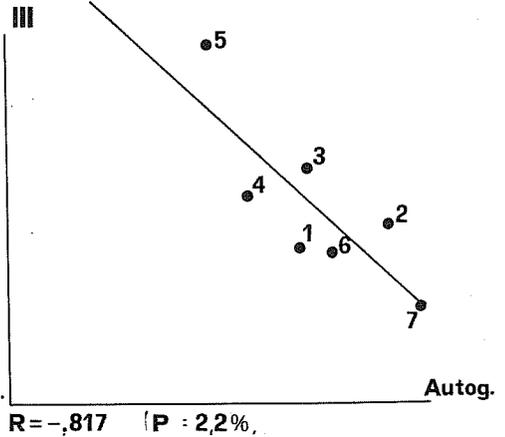
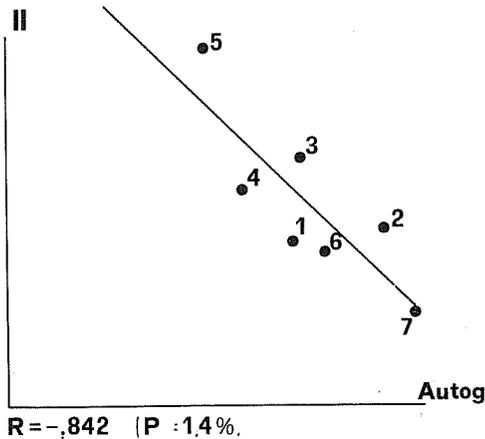
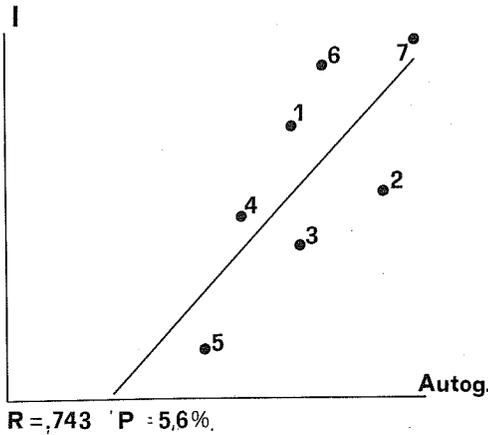


FIG. 11 - Correlazione fra impollinazione autogama e gruppi corologici (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(I = Eurosibirico; II = S-Ilirico, SE-Europeo; III = N-Ilirico, S-Ilirico, SE-Europeo.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

sulla base del tipo di impollinazione. Dal dendrogramma (fig. 18) ottenuto mediante il programma Distanze (Feoli e Lagonegro, 1985) con il metodo della distanza euclidea, sono stati ricavati due gruppi: nel primo vengono raggruppate tutte le cenosi più primitive, nel secondo le due più evolute (dantonio - scorzonereeto ed arrenatereto) accanto alle quali troviamo il crisopogono - centaureeto. Ciò può trovare spiegazione nel fatto che l'affinità tra queste tre ultime associazioni è dovuta all'alta presenza di specie autogame.

Da ultimo i programmi Copri 1 e Copri 2 (Lagonegro e Feoli, 1985)

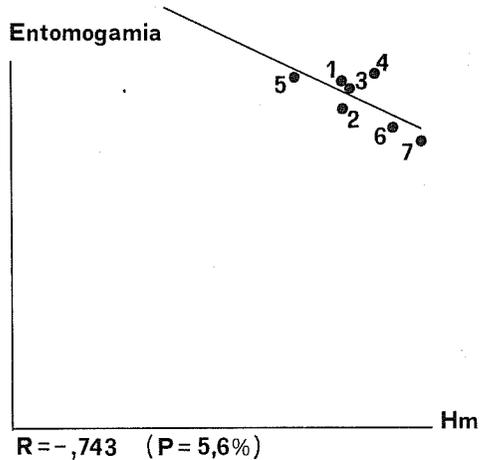
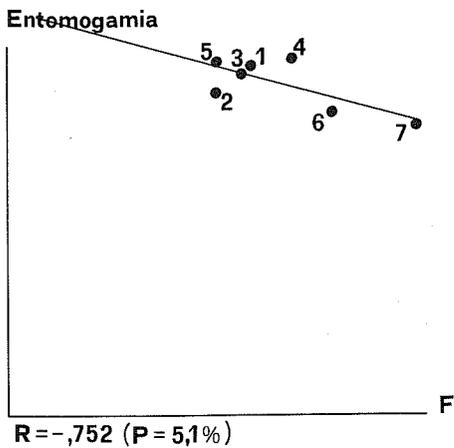
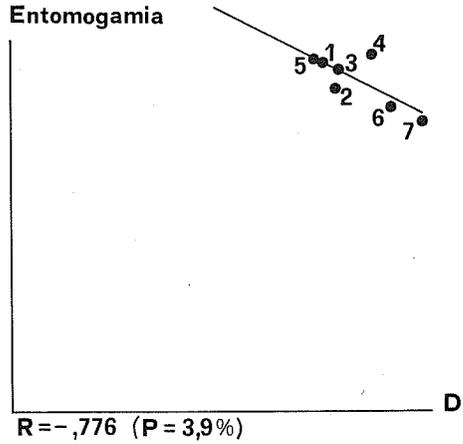
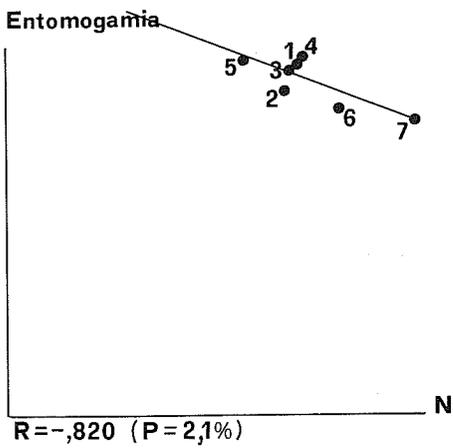


FIG. 12 - Correlazione fra impollinazione entomogama (valori espressi in percentuale) e fattori ecologici, espressi con gli indici di Landolt, nelle sette cenosi erbacee.

(N = nitrati; D = granulometria; F = igrofilia edafica; Hm = humus.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

hanno permesso di ottenere l'ordinamento delle sette associazioni in funzione dei gruppi corologici e dei tipi di impollinazione.

Nel grafico (fig. 19) si nota un gradiente a ferro di cavallo che parte dalle formazioni erbacee più primitive, dove prevalgono gli elementi termofili (eu-ri- e stenomediterraneo, illirico, pontico, ecc.) e l'impollinazione entomogama, per arrivare al dantonio - scorzonereto e all'arrenatereto più evoluti, do-

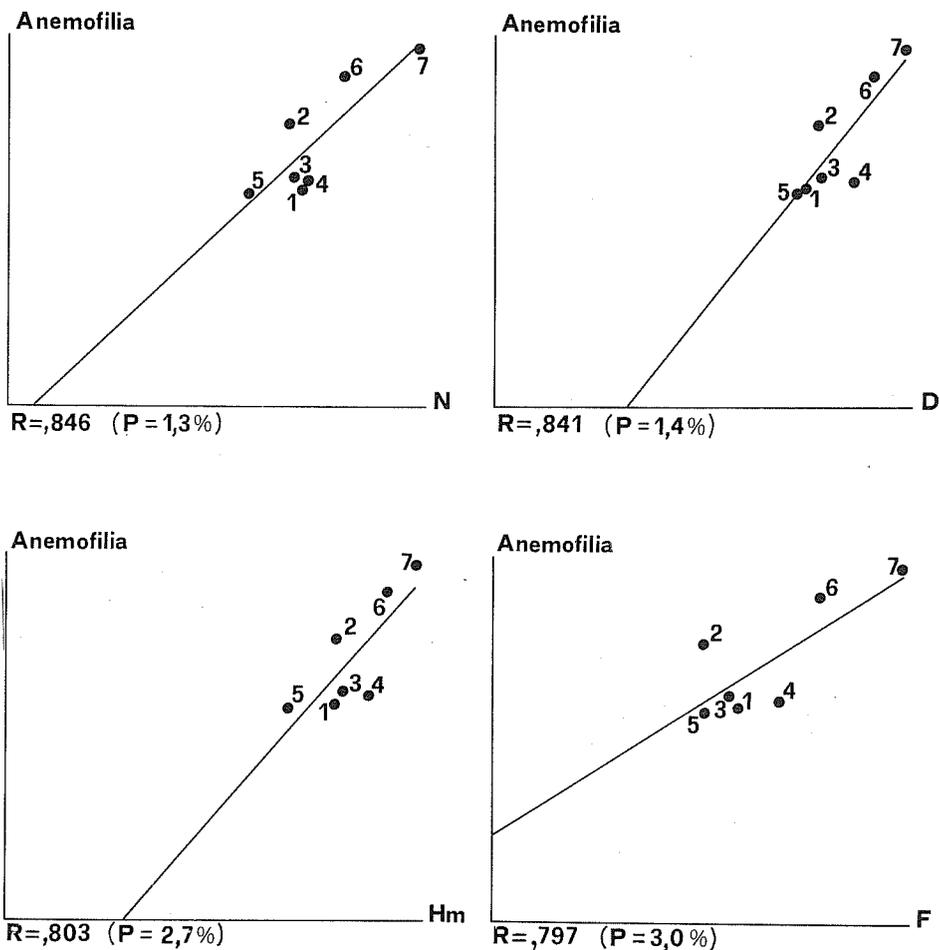


FIG. 13 - Correlazione fra anemofilia (valori espressi in percentuale) e fattori ecologici, espressi con gli indici di Landolt, nelle sette cenosi erbacee.

(N = nitrati; D = granulometria; F = igrofilia edafica; Hm = humus.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ve accanto ai geoelementi «freschi» (circumboreale, eurasiatico, eurosibirico ed europeo) troviamo associate l'anemofilia e l'autogamia.

Analogo comportamento si registra dall'ordinamento delle sette cenosi in funzione dei gruppi corologici e dei quattro indici ecologici di Landolt considerati (fig. 20); infatti su terreni più ricchi in nutrienti e humus, maggior igrofilia edafica e minore granulometria troviamo le formazioni erbacee più evolute con una netta prevalenza dei geoelementi «freschi», viceversa su ter-

TABELLA 9 - Correlazione fra fattori ecologici, espressi con gli indici di Landolt, ed anemofilia (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
 (N = nitrati; D = granulometria; Hm = humus; F = igrofilia edafica.
 1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Anemofilia	20.4	26.3	21.4	21.1	19.8	30.8	33.3
N	2.01	1.91	1.95	2.04	1.64	2.28	2.78
D	2.88	2.98	3.02	3.32	2.79	3.50	3.79
Hm	2.44	2.45	2.49	2.68	2.09	2.81	3.02
F	1.44	1.24	1.39	1.68	1.25	1.92	2.40

TABELLA 10 - Colori dei fiori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
 (1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Bianco	8.7	9.1	10.3	15.2	14.3	10.1	13.8
Giallo	36.9	33.7	37.6	36.3	37.4	32.2	28.7
Rosa	16.5	16.0	8.5	7.4	11.0	10.1	6.3
Rosso	4.9	8.6	6.4	5.5	5.5	7.5	4.0
Verde	19.4	22.3	19.2	17.6	22.0	30.8	34.5
Viola	9.7	8.0	14.1	12.5	4.4	8.4	9.2
Azzurro	3.9	2.3	3.8	5.5	5.5	0.9	3.4

TABELLA 11 - Correlazione fra colori dei fiori ed impollinatori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
 (1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Bianco	8.7	9.1	10.3	15.2	14.3	10.1	13.8
Azzurro	3.9	2.3	3.8	5.5	5.5	0.9	3.4
Imenotteri	7.3	7.7	8.8	10.1	13.7	7.0	10.4
Api	59.7	45.0	45.6	35.1	38.3	48.4	45.2
Apoidee	91.4	65.1	65.3	53.9	45.1	63.7	58.2
Aculeati	97.5	66.6	65.8	53.9	45.1	63.7	58.2

Apoidee = Api + Bombi

Aculeati = Api + Bombi + Vespe

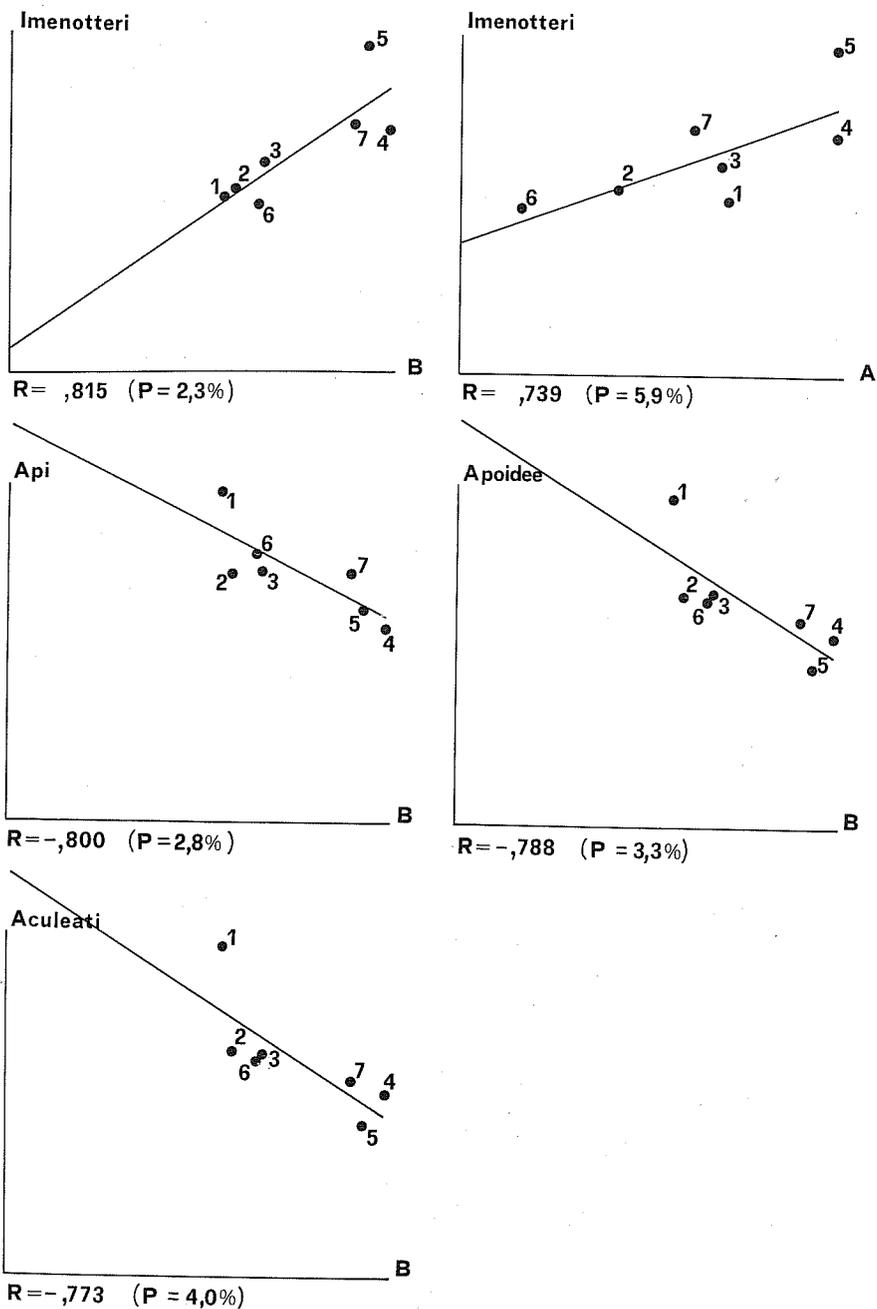


FIG. 14 - Correlazione fra impollinatori e colore dei fiori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(B = bianco; A = azzurro.)

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

TABELLA 12 - Correlazione fra colori dei fiori e gruppi corologici (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.
 (1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Gentisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

ASSOCIAZIONI	1	2	3	4	5	6	7
Verde	19.4	22.3	19.2	17.6	22.0	30.8	34.5
Giallo	36.9	33.7	37.6	36.3	37.4	32.2	28.7
Azzurro	3.9	2.3	3.8	5.5	5.5	0.9	3.4
Rosa	16.5	16.0	8.5	7.4	11.0	10.1	6.3
Bianco	8.7	9.1	10.3	15.2	14.3	10.1	13.8
I Circumboreale Eurasiatico	5.8	2.3	6.8	11.3	5.5	20.2	39.7
II Circumboreale Eurasiatico Eurosibirico Europeo	33.0	21.7	23.0	31.2	12.1	54.1	72.5
III Europeo	9.7	9.7	8.1	9.0	3.3	13.2	9.8
IV Europeo Eurosibirico	27.2	19.4	16.2	19.9	6.6	33.9	32.8
V Medit.-Montano	8.7	11.4	8.1	15.6	12.1	4.4	-
VI Eurimediterraneo S-Ilirico SE-Europeo	38.8	50.3	50.8	37.9	51.7	30.9	17.2
VII Pontico Medit.-Pontico	9.7	12.6	15.4	12.5	15.4	9.7	4.0
VIII Eurimediterraneo	19.4	29.1	20.5	11.7	9.9	11.5	6.3

reni poveri si instaurano le cenosi più primitive dove prevalgono i geoelementi termofili.

CONCLUSIONI

Possiamo distinguere, quindi, nell'ambito delle cenosi prative considerate, da una parte un sistema oligotrofico con formazioni erbacee primitive, prevalenza dell'entomogamia, maggiore attrattività dei fiori ed una scarsità di nutrienti, dall'altra sistemi meso- ed eutrofici con formazioni erbacee più evolute, aumento delle specie anemofile, minore attrattività fiorale ed abbondanza di nutrienti.

Tutto questo può essere spiegato facendo ricorso ad un'ipotesi che si richiami al risparmio energetico. Nelle cenosi con scarsità di nutrienti si ha una accelerazione della coevoluzione pianta-animale, che realizza degli stratagemmi meno dissipativi e più personalizzati e quindi con risparmio energetico di affidamento delle cellule germinali (polline) al vettore animale. Quale aspetto secon-

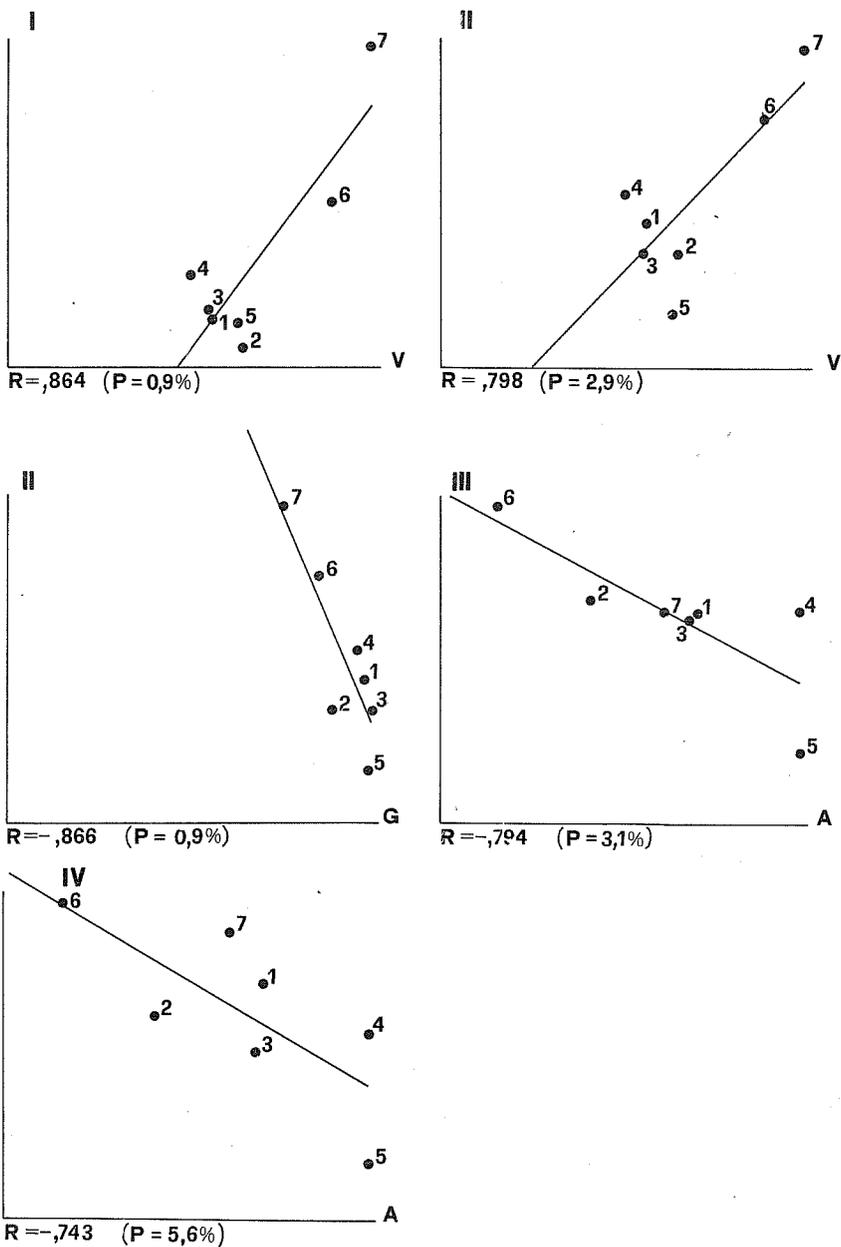


FIG. 15 - Correlazione tra gruppi corologici e colori dei fiori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(V = verde; G = giallo; A = azzurro; I = Circumboreale, Eurasiatico; II = Circumboreale, Eurasiatico, Eurosibirico, Europeo; III = Europeo; IV = Europeo, Eurosibirico.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

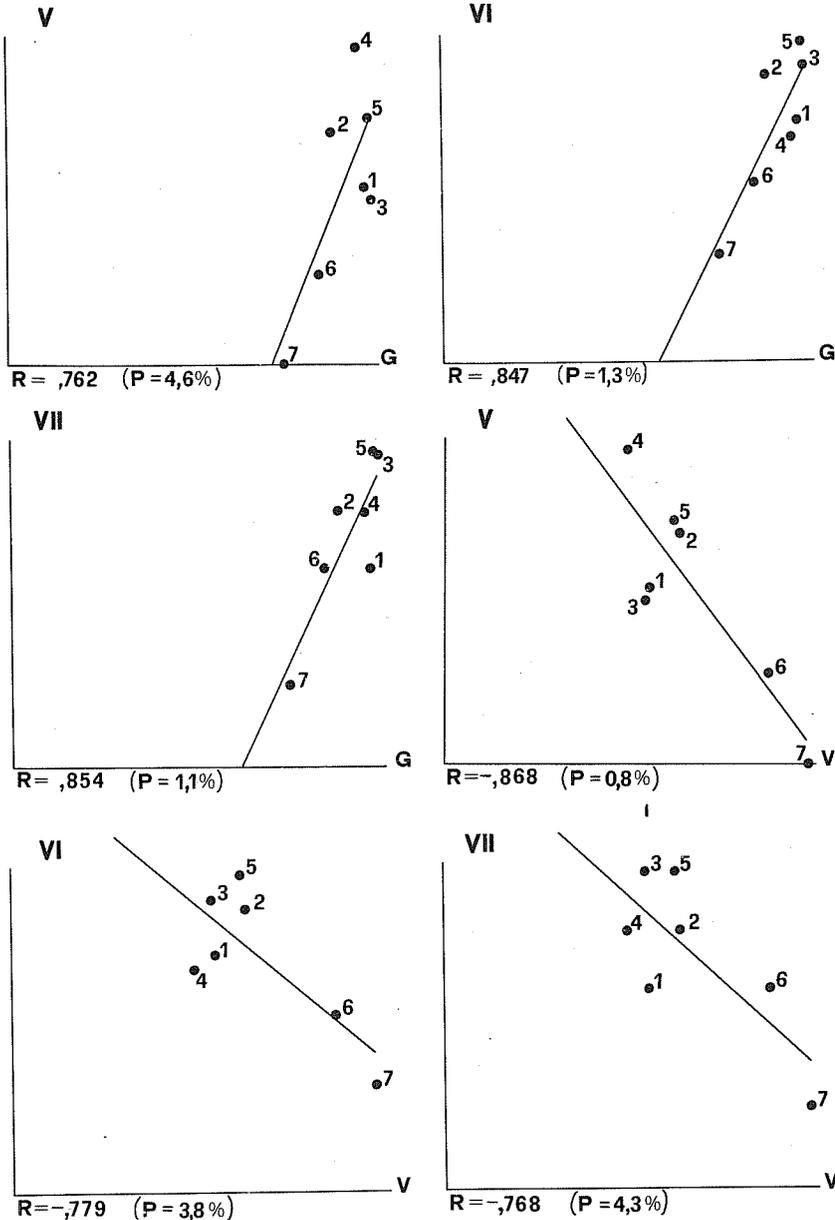


FIG. 16 - Correlazione tra gruppi corologici e colori dei fiori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(V = verde; G = giallo; V = Mediterraneo-Montano; VI = Eurimediterraneo, S-Illirico, SE-Europeo; VII = Pontico, Mediterraneo-Pontico.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhen. teretum*).

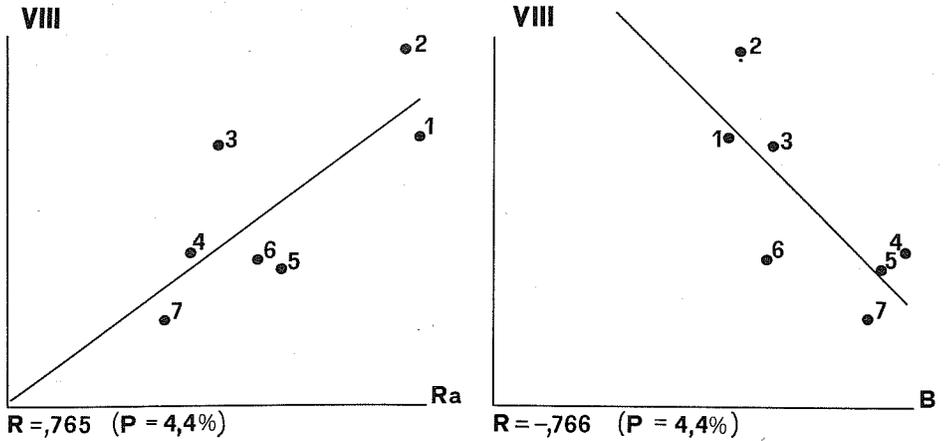


FIG. 17 - Correlazione tra gruppi corologici e colori dei fiori (valori espressi in percentuale) nelle sette cenosi erbacee.

(Ra = rosa; B = bianco; VIII = Eurimediterraneo.

1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

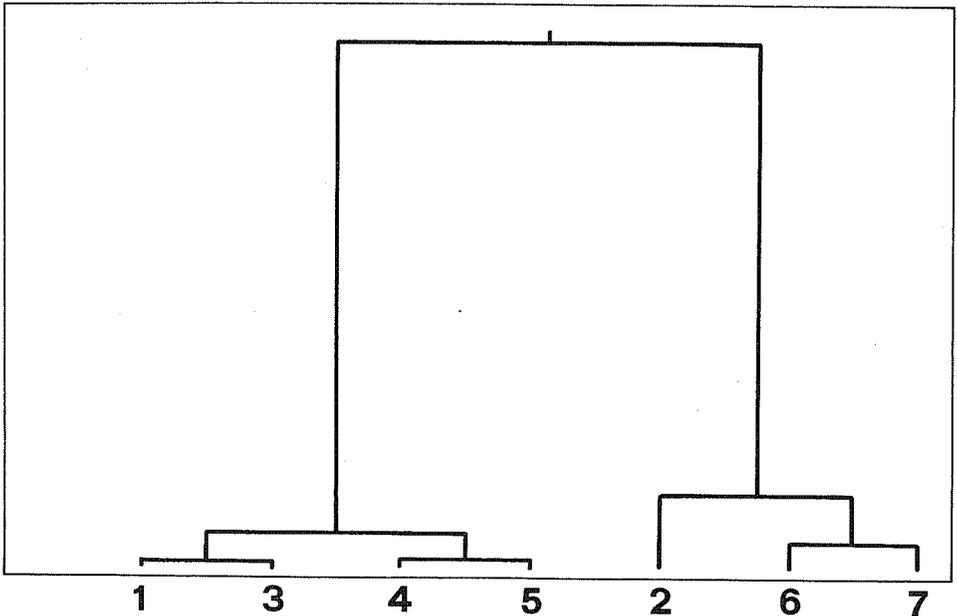


FIG. 18 - Affinità delle sette cenosi erbacee sulla base dei tipi di impollinazione (programma Distanze).

(1 = *Stipo-Salvietum*; 2 = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; 3 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; 4 = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; 5 = *Genisto-Seslerietum*; 6 = *Danthonio-Scorzoneretum*; 7 = *Arrhenatheretum*).

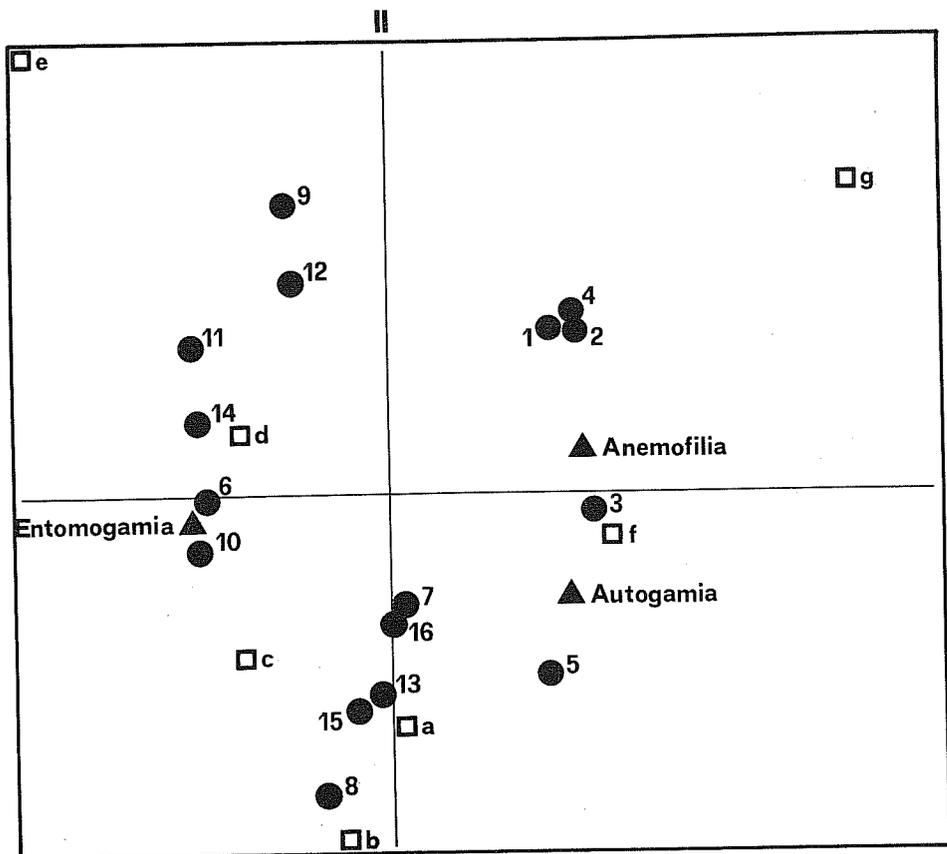
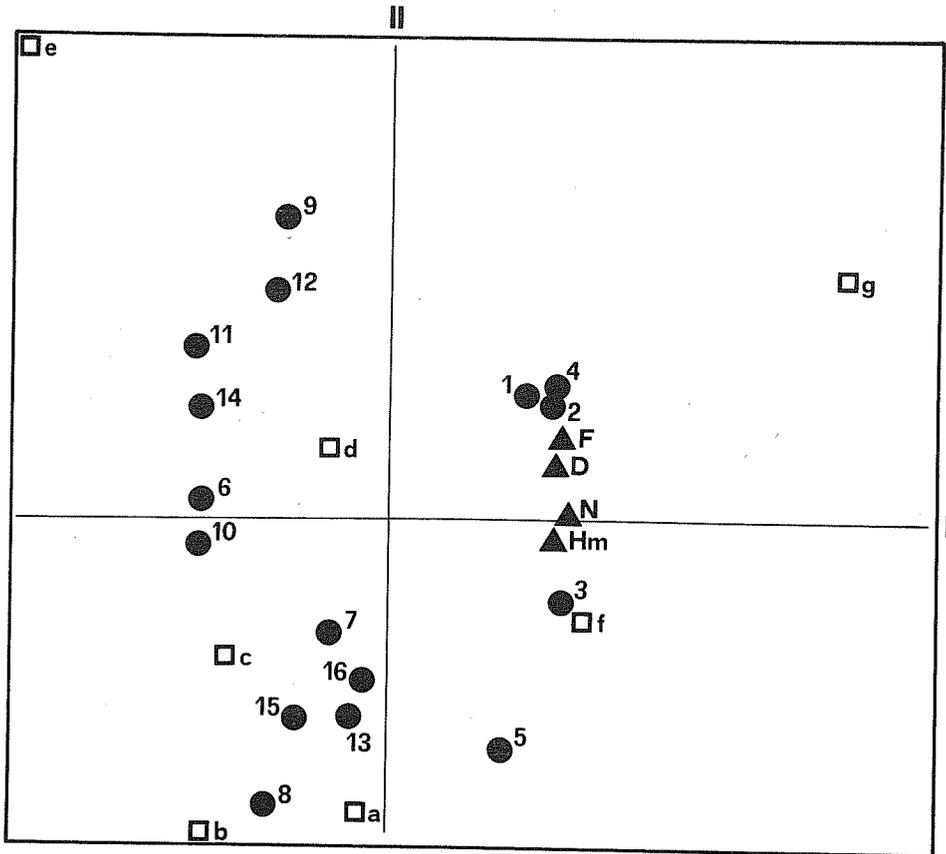


FIG. 19 - Ordinamento delle sette cenosi erbacee in funzione dei gruppi corologici e dei tipi di impollinazione (programmi Copri 1 e Copri 2).

(1 = Cosmopolita; 2 = Circumboreale; 3 = Eurosibirico; 4 = Eurasiatico; 5 = Europeo; 6 = Pontico; 7 = Mediterraneo-Pontico; 8 = Eurimediterraneo; 9 = Mediterraneo-Atlantico; 10 = Mediterraneo-Montano; 11 = S-Ilirico; 12 = N-Ilirico; 13 = SE-Europeo; 14 = Alpino; 15 = Endemico; 16 = Stenomediterraneo. a = *Stipo-Salvietum*; b = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; c = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; d = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; e = *Genisto-Seslerietum*; f = *Dantbonio-Scorzoneretum*; g = *Arrhenatheretum*).

dario del fenomeno si ha l'aumento di attrattività fiorale che viene ottenuto riciclando metaboliti secondari sia a livello del colore (antocianosidi) che della emissione di effluvi e sostanze volatili (oli eterei, ecc.); nelle cenosi meso- ed eutrofiche, cioè con nutrienti abbondanti, il problema del risparmio energetico non si pone, non si realizza la coevoluzione pianta-animale, le specie continuano



- Associazioni
- Gruppi corologici
- ▲ Indici ecologici

FIG. 20 - Ordinamento delle sette cenosi erbacee in funzione dei gruppi corologici e dei fattori ecologici espressi con gli indici di Landolt (programmi Copri 1 e Copri 2).

(1 = Cosmopolita; 2 = Circumboreale; 3 = Eurosibirico; 4 = Eurasiatico; 5 = Europeo; 6 = Pontico; 7 = Mediterraneo-Pontico; 8 = Eurimediterraneo; 9 = Mediterraneo-Atlantico; 10 = Mediterraneo-Montano; 11 = S-Ilirico; 12 = N-Ilirico; 13 = SE-Europeo; 14 = Alpino; 15 = Endemico; 16 = Stenomediterraneo. F = igrofilia edafica; N = nitrati; Hm = humus; D = granulometria. a = *Stipo-Salvietum*; b = *Chrysopogono-Centaureetum cristatae*; c = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma collinare; d = *Carici-Centaureetum rupestris* - forma montana; e = *Genisto-Seslerietum*; f = *Danthonio-Scorzoneretum*; g = *Arrhenatheretum*).

con un procedimento dissipativo e generico di affidamento delle cellule germinali (polline) al vento, che non comporta d'altra parte la necessità di rendere attrattivi i fiori, da ciò mancanza di colori ed effluvi.

Per concludere i meccanismi di impollinazione delle cenosi erbacee possono trovare spiegazione soddisfacente con l'ipotesi dello stress ambientale per quanto riguarda l'autogamia e invece con quella del risparmio energetico e della coevoluzione pianta-animale per quanto riguarda l'entomogamia e l'anemofilia.

BIBLIOGRAFIA

- BAILEY N.T.J., 1959 - *Statistical methods in biology*. - The English Universities Press LTD, London.
- FAEGRI K., VAN DER PIJL L., 1971 - *The principles of pollination ecology*. - Pergamon Press, Oxford - New York - Toronto - Sydney - Braunschweig, (II ed.).
- HEGI G., 1906-1931 - *Illustrierte Flora von Mittel-Europa*. - Ed. 1., Muenchen.
- LAGONEGRO M., FEOLI E., 1984 - *THREE-Packages for classification and ordination of multivariate data*. - Libreria Goliardica, Trieste.
- LAGONEGRO M., FEOLI E., 1985 - *Analisi multivariata di dati*. Manuale d'uso di programmi BASIC per personal computers. - Libreria Goliardica, Trieste.
- LANDOLT L., 1977 - *Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. - Ber. Geobot. Inst. ETH, 64: 64-207.
- OVERDORFER E., 1979 - *Pflanzensoziologische Exkursions Flora*. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- POLDINI L., (in pubbl.) - *La vegetazione del Carso isontino e triestino*. - Ed. Lint, Trieste.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. - Edagricole, Bologna, 3 voll.