

Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari • Vol. 74, Fasc. 1-2 (2004)

Variazione di alcuni indici fitoclimatici osservati a Cagliari dal 1892 al 2002

EMANUELE BOCCHIERI (*), BONARIA MULAS (*)

Riassunto. *Analizzando i dati termopluviometrici di Cagliari dal 1892 al 2002, sono stati elaborati i principali indici fitoclimatici riferiti sia all'intero arco di tempo che a cinque periodi equivalenti. I risultati ottenuti, convalidati da tutti gli indici calcolati, evidenziano uno spostamento verso condizioni di maggior aridità, più evidenti soprattutto negli ultimi anni, determinando nelle flore locali un aumento di specie a ciclo annuale.*

Abstract. *Analyzing the thermopluviometric data of Cagliari from 1892 to 2002, have been processed the most important phytoclimatic indices reported both to whole time and to five equivalent periods. The achieved results, confirmed by the all calculated indices, point out a shifting towards conditions of greater dryness, more obvious in the last years, determining in the local floras an increase of annual species.*

L'insieme dei fenomeni che compaiono più frequentemente e costantemente all'alternarsi delle stagioni e che esercitano una particolare influenza sulle condizioni ambientali creano il clima; il suo studio, la climatologia, si è sviluppato solo dopo la costruzione di strumenti atti a misurare e/o registrare gli elementi atmosferici. Humboldt [1], un geografo che può essere definito il fondatore di questa scienza, fin dai primi anni dell'800 intuì la sua l'importanza sulla distribuzione delle piante e ritenne necessario mettere a punto una scienza del clima, allo scopo di spiegare quei fenomeni botanici ai quali lo studioso si era dedicato. Egli riteneva inscindibile il rapporto che intercorre tra la climatologia e le discipline biologiche e, in particolare, come il clima deve essere tenuto nella massima considerazione quale fattore che influenza i diversi eventi biologici e conseguentemente la vita in generale. Pertanto la conoscenza delle condizioni climatiche è di notevole importanza per mettere in evidenza le relazioni che sussistono tra il mondo

(*) Dipartimento di Scienze Botiche dell'Università di Cagliari.
Presentato il 5/05/2004

vegetale e gli elementi del clima poiché i caratteri principali della vegetazione sono espressione di questa interazione.

Il clima non rappresenta comunque una entità reale, ma solo l'elaborazione statistica di dati rilevati in modo convenzionale e le piante, nel complesso, risentono degli effetti climatici come un insieme di tanti fattori che variano e interagiscono tra di loro.

Gli elementi più importanti del clima sono rappresentati soprattutto dalla temperatura e dalle precipitazioni unitamente al regime dei venti, all'umidità dell'aria e alla nuvolosità. In Sardegna il clima, tipicamente mediterraneo, è caratterizzato dall'alternanza di una stagione caldo-arida ad una freddo-umida; l'aridità estiva e il freddo invernale rappresentano infatti i principali fattori limitanti per la vegetazione [2]. Inoltre, altri aspetti che caratterizzano il clima sardo, sono l'incerto andamento delle stagioni intermedie, la stabilità del tempo durante l'estate, la mite temperatura invernale e la notevole frequenza dei venti. Questi, pur verificandosi in altre località, assumono in Sardegna un aspetto particolare per la sua posizione geografica, per le traiettorie delle masse d'aria, per l'ubicazione dei rilievi nelle regioni centro orientali dell'isola e per l'insularità che attenua ogni influenza continentale.

Anche le piante quindi sono legate al clima e le specie attuali rappresentano il risultato dell'interazione di fattori sinergici e/o antagonistici che hanno provocato la scomparsa di alcune e l'insediamento di altre. La flora di un territorio rappresenta così l'insieme delle specie ivi presenti tra le quali si è stabilito un rapporto, legato alle caratteristiche ambientali, dovuto a tutte le modificazioni che si sono verificate nel corso delle ere geologiche.

Visto il legame esistente tra clima e piante, nei lavori di natura floristica e vegetazionale vengono normalmente riportati i dati climatici del territorio preso in considerazione ed elaborati alcuni indici fitoclimatici che mettono in relazione il tipo di copertura vegetale con gli elementi del clima. Questo aspetto viene ulteriormente evidenziato dallo spettro biologico che consente di conoscere le percentuali delle diverse forme biologiche che, nel loro insieme, rappresentano le strategie che adottano le piante per superare il periodo avverso.

Il presente studio è stato effettuato in seguito all'osservazione in diversi lavori floristici dell'aumento delle specie a ciclo annuale, aspetto che denota uno spostamento verso condizioni di maggiore aridità [3, 4, 5, 6].

La nostra attenzione si è rivolta alla Sardegna meridionale e in particolare a Cagliari, la più antica stazione meteorologica della Sardegna, di cui si ha disponibilità di dati termopluviometrici continuativi dal 1892 ad oggi. Per la nostra indagine sono stati utilizzati dal 1892 al 1925 i dati forniti dall'Osservatorio Meteorologico annesso all'Istituto di Fisica dell'Università, sito a 75 m s.l.m. (39° 13' di lat. N e 03° 23' di long. W da Roma) e dal 1926 i dati dell'Osservatorio della Sezione Idrografica di Cagliari situato a 7 m s.l.m. (39° 12' di lat. N e 03° 22' di long. W da Roma). Il confronto con la doppia media cumulata dei dati termopluviometrici rilevati negli stessi anni dai due Osservatori e la differenza irrilevante osservata [7] ha permesso di analizzare un intervallo di tempo ampio e continuo (1892-2002) e di suddividerlo in 5 periodi

Tabella 1. Valori medi mensili ed annuali delle temperature medie massime, medie minime e medie (°C), delle precipitazioni (mm) e dei giorni piovosi (gg).**Cagliari 1892 - 2002**

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tmax	13,9	14,6	16,6	19,1	23,1	27,3	30,3	30,3	27,3	23,3	18,7	15,2	21,6
T min	6,8	7,2	8,5	10,4	13,6	17,2	20,0	20,5	18,4	15,2	11,3	8,2	13,1
T med	10,4	10,9	12,6	14,7	18,4	22,3	25,1	25,4	22,9	19,2	15,0	11,7	17,4
mm	48,3	44,1	42,0	36,2	30,1	13,3	3,4	6,7	30,9	58,6	63,8	57,2	434,7
gg	8	7	7	6	5	2	1	1	4	6	8	8	63

Cagliari 1892 - 1912

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tmax	12,8	13,5	15,6	18,3	22,1	26,3	29,9	29,6	26,7	22,9	17,8	14,3	20,8
T min	6,0	6,6	8,2	9,7	12,7	16,1	19,0	19,5	17,5	15,0	11,0	7,7	12,4
T med	9,4	10,1	11,9	14,0	17,4	21,2	24,4	24,6	22,1	18,9	14,4	11,0	16,6
mm	47,3	32,0	53,1	39,0	28,4	21,8	2,5	4,3	28,4	62,4	83,1	55,1	457,5
gg	9	9	10	9	6	3	1	1	4	7	11	11	82

Cagliari 1913 - 1934

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tmax	13,4	14,1	16,5	19,4	23,7	27,6	30,6	30,3	27,3	22,8	18,3	14,6	21,6
T min	6,7	7,0	8,6	10,4	13,7	17,0	19,6	20,1	18,4	15,0	11,3	8,3	13,0
T med	10,1	10,5	12,5	14,9	18,7	22,3	25,1	25,2	22,9	18,9	14,8	11,5	17,3
mm	57,1	54,2	47,5	39,0	31,6	12,1	4,5	6,0	31,3	59,3	70,2	61,0	473,7
gg	8	8	7	6	5	2	1	1	4	6	8	8	64

Cagliari 1935 - 1958

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tmax	14,2	15,0	17,1	19,4	23,2	28,1	30,7	30,6	28,0	23,6	19,3	15,5	22,1
T min	6,9	7,3	8,4	10,5	13,7	17,6	20,0	20,5	18,8	15,1	11,5	7,9	13,2
T med	10,6	11,1	12,8	15,0	18,4	22,8	25,3	25,6	23,4	19,4	15,4	11,7	17,6
mm	49,2	27,6	34,3	28,2	38,1	12,3	2,9	5,2	33,2	72,2	46,3	53,3	403,0
gg	7	6	6	5	5	2	0	1	3	6	7	8	55

Cagliari 1959 - 1980

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tmax	14,4	15,0	16,6	18,9	23,1	27,0	29,8	29,8	26,9	23,0	18,8	15,4	21,6
T min	7,2	7,8	8,6	10,3	13,6	17,4	20,3	20,7	18,3	14,9	10,9	8,2	13,2
T med	10,8	11,4	12,6	14,6	18,3	22,2	25,0	25,3	22,6	19,0	14,9	11,8	17,4
mm	48,7	64,1	42,9	41,0	29,6	10,1	2,6	9,8	32,1	55,0	58,5	67,9	462,3
gg	8	8	7	6	4	2	0	1	3	6	8	9	63

Cagliari 1981 - 2002

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
T max	14,8	15,5	17,4	19,3	23,3	27,6	30,6	30,9	27,6	24,1	19,3	16,2	22,2
T min	7,3	7,6	9,0	10,8	14,5	18,0	21,0	21,5	19,1	15,9	11,9	8,7	13,8
T med	11,1	11,5	13,2	15,0	18,9	22,8	25,8	26,2	23,4	20,0	15,6	12,4	18,0
mm	39,3	41,1	32,6	33,5	23,2	10,5	4,4	8,2	29,6	44,9	60,7	48,4	376,5
gg	5	6	6	6	4	2	1	1	4	5	8	7	54

equivalenti (1892-1912; 1913-1934; 1935-1958; 1959-1980; 1981-2002) allo scopo di verificare eventuali modifiche.

Di seguito vengono analizzati gli aspetti generali dei dati riguardanti sia l'intero arco di tempo che i 5 periodi, elaborando i principali indici fitoclimatici che vengono utilizzati negli studi floristici e vegetazionali in ambito mediterraneo.

L'analisi dei dati termopluviometrici registrati a Cagliari dal 1892 al 2002, mette in evidenza come i mesi più freddi sono gennaio e febbraio, quelli più caldi luglio e agosto con una media annuale di 17.4 °C. Le precipitazioni, mediamente di 434 mm annui, sono distribuite principalmente nei mesi autunno-invernali mentre, nel periodo estivo, si verifica sia la minore piovosità che il minor numero dei giorni piovosi. I 5 periodi considerati, pur mantenendo le stesse caratteristiche generali, evidenziano un graduale aumento delle temperature medie, medie massime e medie minime e una diminuzione delle precipitazioni medie annuali (Tab. 1).

Questi dati sono stati utilizzati per elaborare una serie di indici fitoclimatici utili per evidenziare in modo particolare i periodi di stress a cui va incontro la pianta e che provocano una interruzione nell'attività vegetativa.

WALTER E LIETH

Il diagramma climatico di Walter e Lieth [8], che si basa sui grafici ombrotermici di Bagnouls e Gaussen [9, 10], consente di confrontare graficamente il regime termico annuale e quello pluviometrico e di conoscere, oltre ai dati generali della stazione, le temperature assolute massime e minime, la temperatura media massima del mese più caldo, la temperatura media minima del mese più freddo e l'escursione termica. Quando la curva delle precipitazioni scende al di sotto di quella delle temperature, riportate in scala doppia (1 °C = 2 mm di pioggia), il periodo deve considerarsi secco. Tale periodo interessa sempre i mesi estivi e si estende sia in quello primaverile che in quello autunnale in misura diversa; per visualizzarlo in modo più preciso è stata elaborata e quantificata, mediante un foglio di calcolo, l'ampiezza della superficie interessata dall'aridità misurandola secondo unità convenzionali (u.c.). Nel grafico generale (1892-2002) tale periodo inizia nella prima decade di maggio e si conclude alla fine di settembre con una superficie di 1147 u.c.

Nella elaborazione dei grafici riferiti ai 5 periodi considerati, si osserva come il valore della superficie che esprime l'aridità va aumentando dal 1892 ai giorni nostri e in modo particolare negli ultimi 20 anni (Figg. 1 e 2).

EMBERGER

L'indice di Emberger è particolarmente adatto per la valutazione del clima mediterraneo e risulta pertanto significativo per definire e valutare le condizioni in Sardegna. Il clima mediterraneo, secondo Emberger [11], include tutte le località che hanno un regime

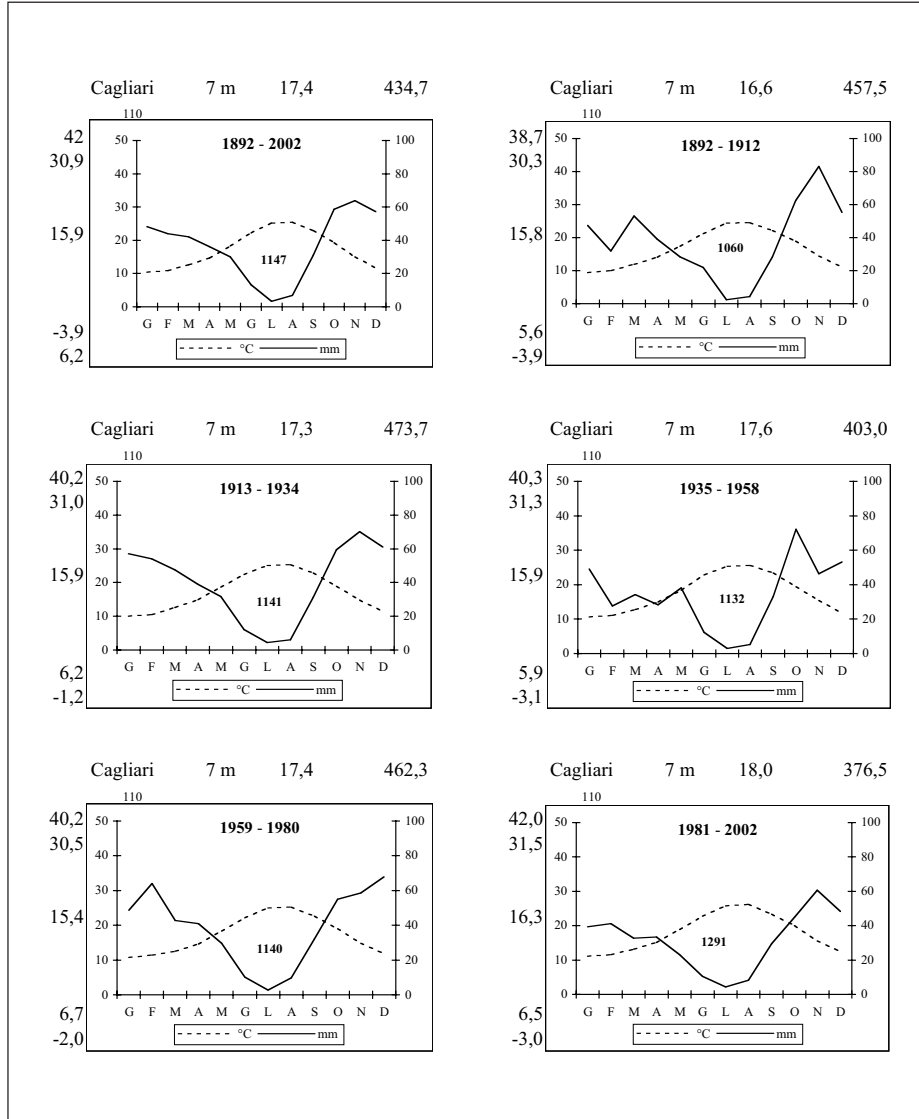


Figura 1. Diagrammi climatici di Walter e Lieth.

pluviometrico con un minimo in estate e, sempre nel periodo estivo, un rapporto tra piovosità e temperatura media massima inferiore a 7. L'elemento fondamentale della classificazione di Emberger è il quoziente pluviotermico (Q) che esprime la siccità nel clima mediterraneo [12, 13, 14]; quanto più basso è il suo valore tanto più secco è il clima. Questo Autore riconosce, come riportato nel grafico, 6 forme di clima mediterraneo che consentono di individuare la posizione delle singole stazioni utilizzando il quoziente pluviotermico riportato in ordinata e la temperatura media minima del mese il più freddo

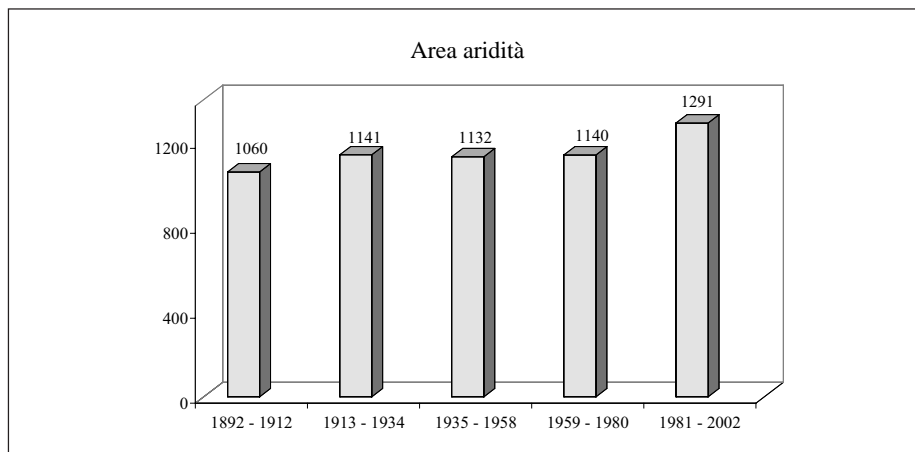


Figura 2. Valori dell'area di aridità (espressi in u.c.) relativi ai diagrammi di Walter e Lieth.

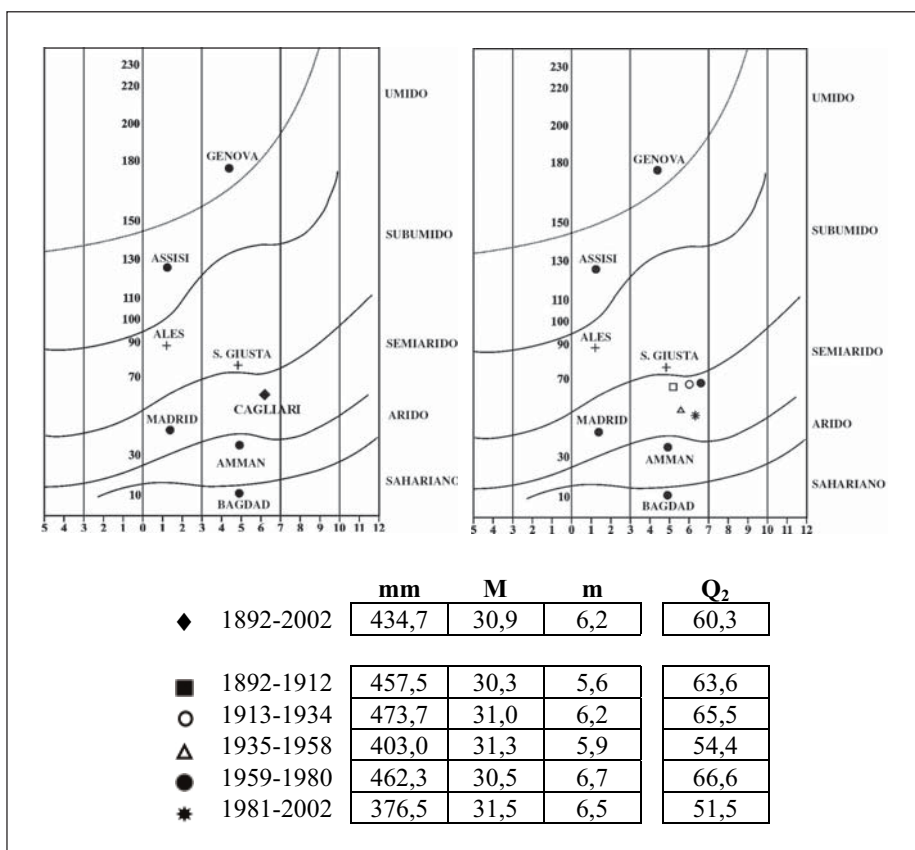


Figura 3. Climogrammi di Emberger.

(m) riportata in ascissa. Il valore della temperatura media minima consente di individuare, nell'ambito di ciascun clima, varietà calde, medie e fredde.

Cagliari, con quoziente pluviotermico di 60.3 calcolato per l'intero periodo di osservazione e temperatura media minima del mese più freddo di 6.2 °C, è inclusa nella variante temperata del sottoclima semiarido. I 5 periodi considerati, pur mantenedosi nell'ambito della stessa variante dello stesso sottoclima, manifestano un lento ma graduale spostamento verso il clima arido (Fig. 3).

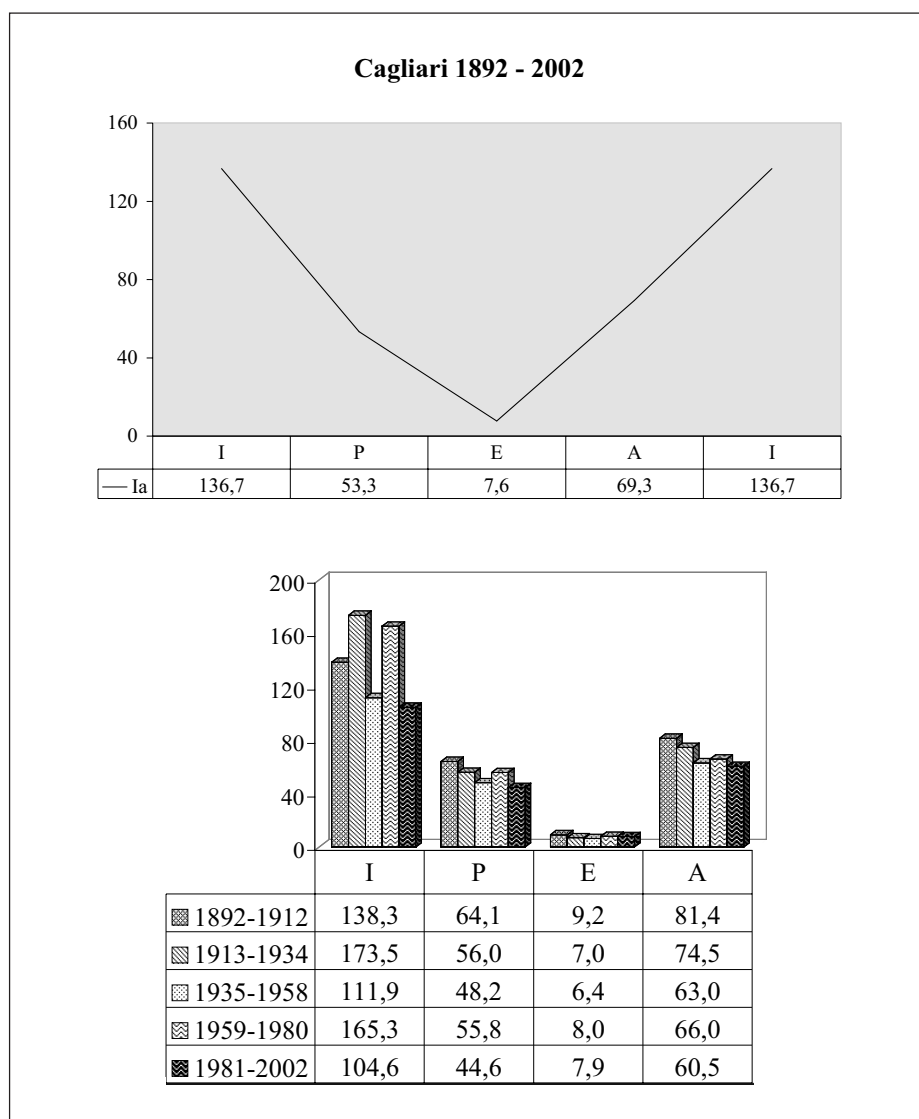


Figura 4. Indice di arido-umidità di Giacobbe calcolato per le quattro stagioni.

GIACOBBE

La classificazione di Giacobbe permette di fare un inquadramento bioclimatico in aree del mediterraneo occidentale i cui limiti sono fissati utilizzando parametri che riguardano il regime pluviometrico, l'indice di aridità estiva e il coefficiente mediterraneo [15, 16]. Questo schema bioclimatico si basa su due indici: l'indice termico (It), che consente di definire i sottoclimi mediterranei e l'indice di arido-umidità (Ia) il quale fornisce la misura dello stato idrico del suolo in seguito all'azione riducente provocata dall'evaporazione sulla pioggia. Secondo questa classificazione Cagliari, con dati elaborati dal 1892 al 2002 e con indici di arido-umidità riferiti al periodo estivo compresi tra 4 e 10, rientra nel tipo semiarido del sottoclima mediterraneo caldo. L'indice di arido-umidità di Giacobbe riferito alle diverse stagioni e ai 5 periodi considerati, mostra una relativa stabilità nel periodo estivo ma una netta tendenza verso valori più bassi nelle altre stagioni (Fig. 4). Questo spostamento verso condizioni più secche comporta un aumento della diapausa vegetativa da 3 a 4 mesi.

RIVAS-MARTINEZ

L'indice ombrotermico estivo di Rivas-Martinez (Iov), dato dal rapporto tra le precipitazioni estive e la somma delle temperature medie dei mesi estivi, individua la regione climatica di appartenenza mentre l'indice di termicità (It), basato sui valori della temperatura, permette di individuare il termotipo o orizzonte all'interno della regione climatica [17]. In base a questi 2 indici la stazione di Cagliari si inquadra, utilizzando i dati dal 1892 al 2002, nel tipo termomediterraneo superiore (It = 370) della regione mediterranea (Iov = 0.3).

I valori che si ottengono nei 5 periodi equivalenti utilizzando gli indici sopra riportati indicano uno spostamento del termotipo da mesomediterraneo inferiore a termomediterraneo superiore con valori che si avvicinano sempre più verso l'orizzonte più caldo, termomediterraneo inferiore (Fig. 5).

MITRAKOS

Mitakos, con il suo indice bioclimatico, introduce una nuova definizione di clima mediterraneo ed elabora una teoria secondo cui la vita dei vegetali è influenzata da due stress climatici separati nel tempo e rappresentati dalla siccità estiva e dal freddo invernale [18]. Questi indici vengono riportati mediante una scala che definisce l'intensità e la durata del freddo (MCS) e l'intensità e la durata dell'aridità (MDS). MCS si basa sui valori delle temperature minime mensili e sul valore di 10 °C inteso come soglia dell'attività vegetativa, MDS utilizza i valori delle precipitazioni mensili, fermo restando il fatto che per precipitazioni inferiori a 50 mm la pianta subisce uno stress da aridità.

Analizzando l'intero periodo, Cagliari subisce esclusivamente stress da caldo con

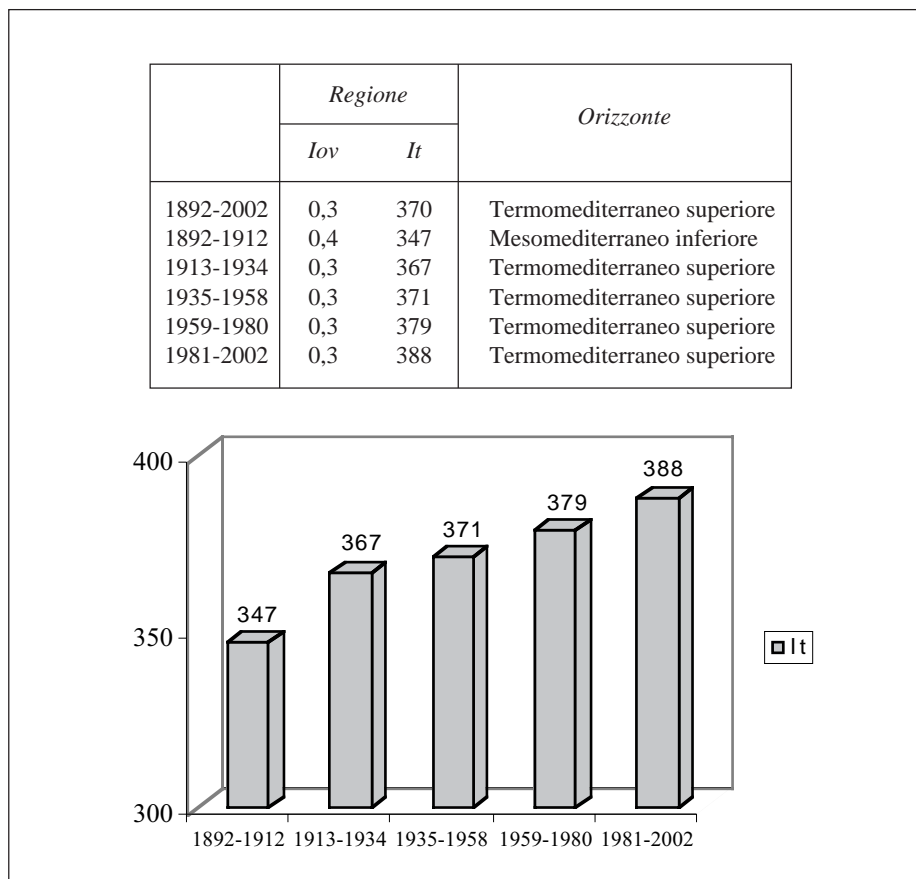


Figura 5. Valori dell'indice di termicità di Rivas-Martinez.

valori significativi soprattutto nel periodo estivo. Ma, se si analizzano i 5 periodi, si nota che i due stress idrici utilizzati da Mitrakos per definire il clima mediterraneo hanno subito cambiamenti notevoli che influiscono sulla vegetazione. Infatti lo stress da freddo, pur mantenendo la stessa ampiezza, diminuisce di intensità, mentre lo stress da caldo aumenta la sua durata, interessando anche i mesi autunnali e primaverili (Fig. 6).

CONSIDERAZIONI FINALI

Da quanto sopra esposto, e in particolare dall'analisi degli indici fitoclimatici elaborati, risulta evidente come le condizioni climatiche, gradualmente e in modo particolare nell'ultimo periodo, si stanno spostando verso situazioni sempre più aride a conferma di quanto messo in evidenza dai lavori di natura floristica e vegetazionale e anche da quanto riportato dai media sul problema della desertificazione che interessa in misura notevole le regioni meridionali italiane. Sono infatti le coste del sud, le grandi e

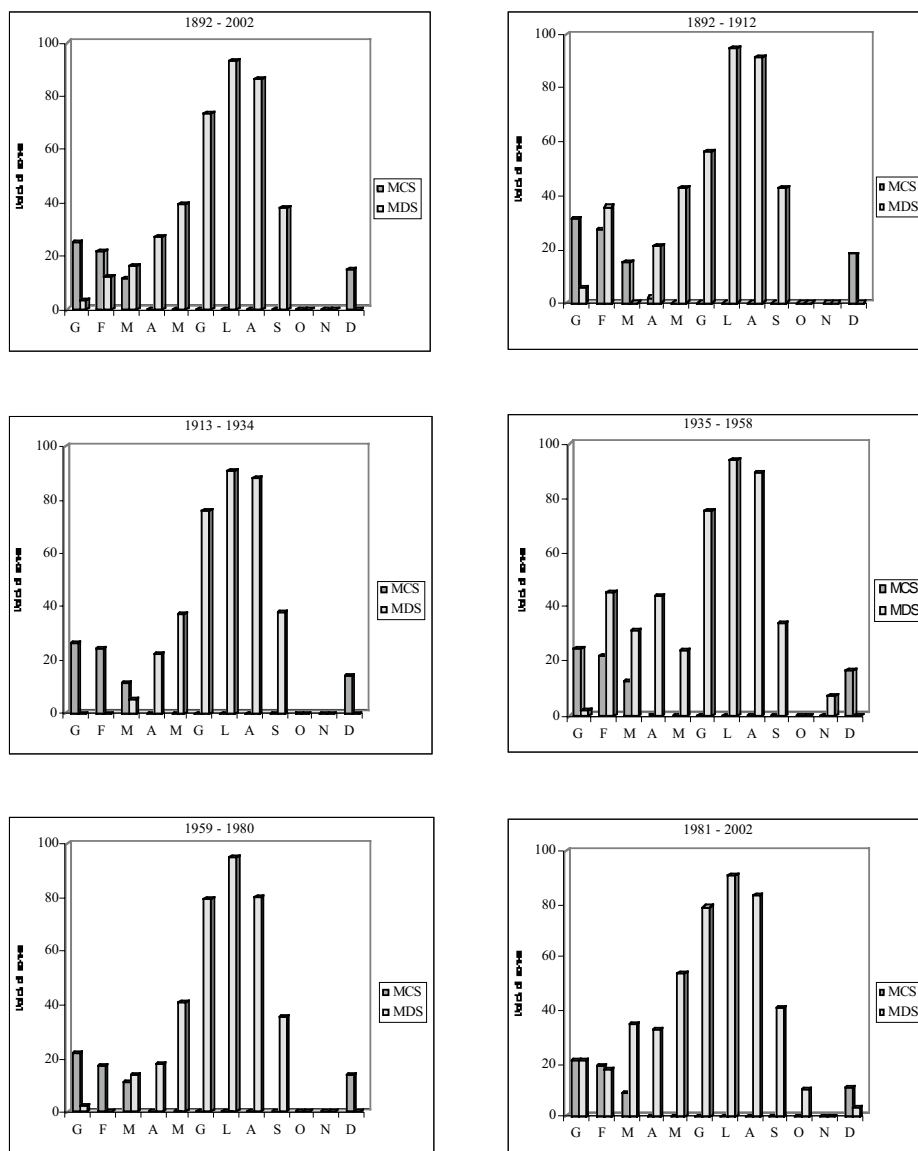


Figura 6. Indici climatici di Mitrakos. MCS = Stress mensile da freddo. MDS = Stress mensile da caldo.

piccole isole per oltre 16.000 km² di superficie, pari al 5.35% del territorio italiano, dove è in atto e più alto il rischio di desertificazione. La Sardegna, dopo la Sicilia e la Puglia, risulta sensibile a questo fenomeno per il 10.8% del territorio. Di particolare significato sono i periodi di prolungata siccità notevolmente aumentati dal 1951 al 2002 e le intense e violente precipitazioni che denotano una tropicalizzazione del nostro clima. Queste

modificazioni danno luogo a un sensibile spostamento degli orizzonti e in particolare dei piani bioclimatici. È indispensabile, pertanto, un monitoraggio continuo dei cambiamenti che si verificano nella distribuzione delle piante e il loro stato di conservazione, allo scopo di arrestare il continuo declino della diversità vegetale (in Europa ben 64 specie endemiche sono estinte) e combattere le specie esotiche invasive.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. VON HUMBOLDT, in Pinna M.: *Climatologia*. UTET, Torino (1977).
- [2] P.V. ARRIGONI, *Fitoclimatologia della Sardegna*. Webbia, 23: 1-100 (1968).
- [3] A. MARCHIONI ORTU, M. ORTU, *Il processo di desertificazione della Sardegna meridionale valutato sulla base delle modificazioni floristiche*. Atti 3° Colloquio su: *Approcci metodologici per la definizione dell'ambiente fisico e biologico del Mediterraneo*. Lecce 20-22 novembre 1990.
- [4] B. DE MARTIS, A. MARCHIONI, E. BOCCHIERI, A. ONNIS, *Ecologia e flora dello Stagno di Santa Gilla (Cagliari)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Ser. B, 90: 149-255 (1983).
- [5] E. BOCCHIERI, G. PARADIS, L. MOSSA, *Sulle cause della scomparsa di piante da alcune piccole isole della Sardegna*. In: *Environnement et Identité en Méditerranée*, pp. 32-38, Corte, juin 2000.
- [6] E. BOCCHIERI, *Disponibilità idrica e cambiamenti nella composizione floristica osservati in alcune piccole isole della Sardegna*. Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari, 73: 33-37 (2003).
- [7] E. BOCCHIERI, B. MULAS, *Variazione di alcuni indici climatici osservati in un novantennio a Cagliari (1892-1981)*. Giorn. Bot. Ital., 116: 172-173 (1982).
- [8] H. WALTER, H. LIETH, *Klimadiagramma-Weltatlas*. G. Fischer Verlag, Jena (1960).
- [9] F. BAGNOULS, H. GAUSSEN, *Saison sèche et indice xérothermique*. Doc. pour les Cartes des Prod. végét. Serie: Généralités, 1: 1-48 (1953).
- [10] F. BAGNOULS, H. GAUSSEN, *Les climats biologiques et leur classification*. Annales de Géographie, 66: 193-220 (1957).
- [11] L. EMBERGER, *Une classification biogéographique des climats*. Rec. des trav. des Lab. de Bot., Géol et Zool., Fac. Sc. Montpellier, Ser. Bot., 7: 3-43 (1955).
- [12] L. EMBERGER, *Sur le quotient pluviométrique*. C.R. Acad. Sc., 234: 2508-2510 (1952).
- [13] P. DAGET, *Le bioclimat méditerranéen: Caractères généraux, modes de caractérisation*. Vegetatio, 34: 1-20 (1977).
- [14] P. DAGET, *Le bioclimat méditerranéen: Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger*. Vegetatio, 34: 87-103 (1977).
- [15] A. GIACOBBE, *Ricerche ecologiche sull'aridità nei paesi del Mediterraneo occidentale*. Webbia, 14: 81-159 (1958).
- [16] A. GIACOBBE, *Nuove ricerche ecologiche sull'aridità nei paesi del Mediterraneo occidentale*. Webbia, 15: 311-345 (1959).
- [17] S. RIVAS-MARTINEZ, *Les étages bioclimatiques de la végétation de la péninsule ibérique*. Anal. Jard. Bot. Madrid, 37: 251-268 (1981).
- [18] K. MITRAKOS, *A theory for Mediterranean plant life*. Acta Oecol. Oecol. Plant., 1: 245-252 (1980).