

PERIODICITA' DENDROLOGICHE E CICLI SOLARI

FRANCESCO VERCELLI

Tra due intervalli invernali di riposo gli alberi formano, ogni anno, un nuovo strato legnoso (meristema) che si sovrappone a quelli esistenti. L'insieme degli strati è reso apparente, nelle sezioni dei tronchi, da un sistema di anelli più o meno concentrici, il cui spessore varia di anno in anno in relazione coll'attività vitale della pianta. Complessi sono i fenomeni biologici che regolano questa attività e molteplici i fattori da cui essa dipende: specie ed età della pianta; condizione del terreno; azione diretta della radiazione solare; clima e variazioni meteorologiche. Lo studio delle correlazioni fra l'accrescimento annuo delle piante e i fattori climatici e solari ha assunto notevole sviluppo negli ultimi decenni, per iniziativa di studiosi americani, e in prima linea di A. E. Douglass, così da dare vita a un nuovo ramo di scienza chiamato *dendrologia*. Furono prese in considerazione piante che presentano sezioni con anelli molto distinti e numerosi, quali la *Sequoia gigantea* e il *Pinus silvestris*, aventi vita plurimillennaria, e altre specie di conifere aventi almeno vita plurisecolare. Per alcune di queste piante, varie condizioni vitali si mantengono prossime ai loro limiti ottimi, per cui l'accrescimento viene a dipendere principalmente dalle variazioni di uno o due fattori; la ricerca delle correlazioni assume allora aspetto più semplice.

Già Leonardo aveva acutamente fatto importanti osservazioni: « La parte meridionale delle piante mostra maggior vigore e gioventù che le settentrionali. Li cerchi delli rami segati mostrano il numero delli suoi anni e quali furono più umidi e più secchi secondo la maggiore o minore loro grossezza. E così mostrano gli aspetti del mondo dove essi erano rivolti, perché più grossi sono a meridione che a settentrione, e così il centro dell'albero per tal causa è più prossimo alla scorza sua settentrionale che non alla meridionale ».

L'ineguale accrescimento degli alberi in varie direzioni è tipico delle piante che vivono ai margini delle foreste: le piante interne hanno anelli poco diversi dalla forma circolare. L'influenza dominante delle precipitazioni sull'accrescimento annuo risulta chiara nelle regioni semiaride in cui vive la *Sequoia gigantea* americana. Invece

i *Pinus pinca* della pineta di Ravenna hanno le radici affondate in una coltre acquifera permanente: e si constata, come osserva U. Buli, che non più la quantità di pioggia, ma la temperatura, e in modo speciale le minime temperature invernali, sono i fattori dominanti nel ritmo degli spessori meristemati. Lo studio delle correlazioni tra accrescimento annuo e condizioni ambientali deve quindi essere fatto caso per caso.

La ricerca può essere estesa sino all'epoca da cui data l'inizio delle osservazioni sistematiche sulle macchie solari e delle misure meteorologiche, cioè per un intervallo che raggiunge due secoli al massimo.

Se si ammette che le correlazioni osservate valgano anche per i secoli anteriori, la dendrologia offre documenti precisi per fissare le epoche in cui si sono verificate variazioni climatiche e solari in corrispondenza delle fluttuazioni meristemati. E questo uno degli aspetti più interessanti in questo ordine di studi.

Gli autori americani hanno dato tale sviluppo alle ricerche, che già nel 1940 il *Tree-ring Bulletin*, dell'Università dell'Arizona (Tucson), poteva presentare una bibliografia con 412 titoli. Ma i metodi statistici impiegati non sembrano idonei per interpretare i fenomeni in modo corretto e completo. Riteniamo sia preferibile la sistematica analisi periodale delle curve che figurano i diversi elementi in esame. Questa via è stata seguita da U. Buli in uno studio accurato ed esauriente sui ritmi di accrescimento dei pini della pineta di Ravenna e di altre zone italiane ed europee (1).

Il Buli ha adottato il metodo di analisi esposto in alcune mie pubblicazioni (2). Il metodo comporta puri calcoli aritmetici, che possono essere evitati impiegando un particolare analizzatore meccanico costruito dalla Ditta La Filotecnica, di Milano. È un procedimento di selezione, col quale vengono rilevate in vera forma e posizione le onde periodiche aventi periodi compresi tra limiti assegnati. Il calcolo è rigoroso quando la curva consti della somma di elementi sinusoidali; dà valori approssimati quando le onde componenti abbiano ampiezze variabili, oppure siano sovrapposte a un substrato irregolare. In ogni caso dal raffronto tra la sintesi delle onde componenti calcolate e la curva analizzata si traggono elementi di giudizio sulla esattezza dei calcoli e sull'entità del substrato irregolare.

Il Buli ha analizzato distintamente le sequenze degli spessori meristemati e delle curve meteorologiche correlate. Gli spessori degli anelli erano stati letti col microscopio (gli americani usano il ca-

tetometro) in centesimi di mm, in sezioni normali all'asse dei tronchi, talora in sezioni oblique; e per le piante vissute ai margini delle foreste fu compiuto il faticoso lavoro di controllare l'uniforme accrescimento in sezioni distinte e l'assenza di torsione, misurando infine gli spessori lungo le due direzioni di massimo e di minimo sviluppo.

I risultati delle analisi e dei raffronti fatti dal Buli sono estremamente interessanti e ad essi faremo nel seguito qualche riferimento. Le piante prese in esame hanno però soltanto vita secolare. Ci è parso perciò interessante dare un saggio di analisi per una serie molto più estesa, e abbiamo scelto la sequenza meristemica rilevata da A. E. Douglass ⁽³⁾ su una *sequoia gigantea* vissuta dal 274 a.C. al 1914 d.C., quasi 2200 anni. Ci limitiamo all'analisi periodale della serie e ai raffronti colla struttura della curva solare, analizzata da S. Polli ⁽⁴⁾, senza ripetere le discussioni climatiche già svolte dal Douglass.

La curva figurante la successione dei dati in esame ha tale estensione che solo in parte può qui essere riprodotta, pur riducendo la scala del disegno. Ne riportiamo i tre intervalli che presentano maggiore interesse, e precisamente il tratto finale, per il quale abbiamo le curve solari di raffronto: un tratto intermedio; e la fase iniziale.

1. *Fase finale* (1780-1914). — Le singole onde periodiche componenti sono state calcolate e figurate seguendo l'ordine dei loro periodi crescenti. La tipica onda undecennale, caratteristica dell'attività ciclica solare, compare bene sviluppata in quasi tutto il diagramma, ma si estingue nella parte finale.

Confrontando le posizioni dei massimi e dei minimi colle corrispondenti fasi dell'onda undecennale nella curva solare, si constata che esiste una concordanza di fase non assoluta, ma abbastanza approssimata. Anche la durata media delle oscillazioni, come nella curva solare, risulta di circa anni 11,1. E poiché quest'onda costituisce la parte dominante nella curva relativamente semplice dell'attività e delle macchie solari, così, se ammettiamo che la concordanza di fase osservata negli ultimi due secoli valga ancora per i secoli precedenti, possiamo concludere che le posizioni dell'onda undecennale lungo tutto il corso della serie bimillenaria fissano pure le fasi principali delle oscillazioni della curva solare. L'analisi dendrologica diviene in tal modo un metodo ausiliario di ricerche astrofisiche.

L'onda undecennale va considerata quale componente principale, anche se altre componenti possono presentare ampiezze maggio-

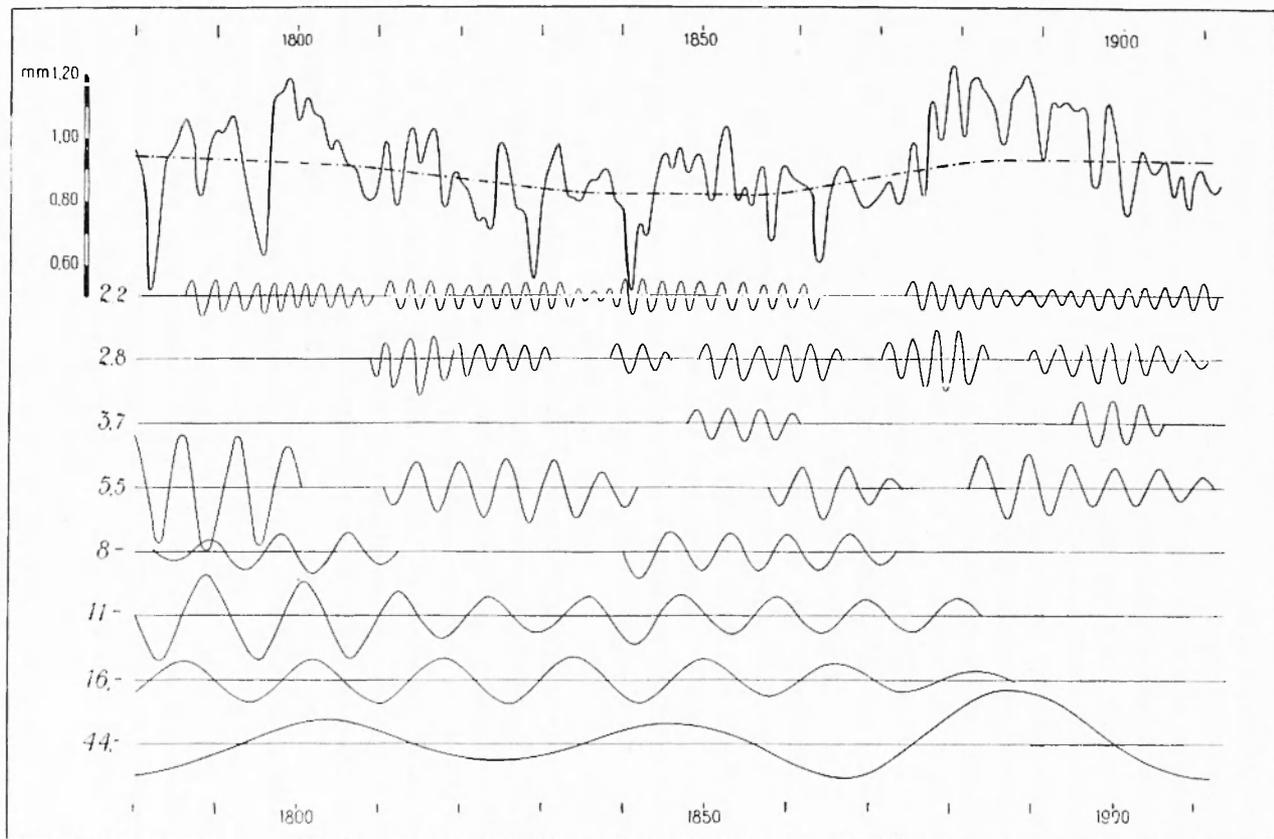


Fig. 1 - Analisi periodale della sequenza dendrologica. Fase finale

ri, per il fatto che i periodi di tutte le altre onde, tanto nelle curve meristematiche quanto in quelle solari, sono legate all'onda di 11 anni da rapporti armonici.

La fig. 1 mette in vista che gli armonici superiori, pur colle approssimazioni che il calcolo comporta, hanno quasi esattamente i valori $1/2$, $1/3$, $1/4$ e $1/5$ di 11 anni. Anche a semplice vista si constata che le punte di tali onde cadono precisamente in corrispondenza delle minori sinuosità della curva in esame.

Si è potuto valutare distintamente l'onda che ha periodo circa quadruplo di 11 anni, molto ampia nel tratto finale. Mancano invece le onde con periodi doppio e triplo di 11 anni, che esistono, sia pure deboli e difficilmente separabili, nella curva solare. Sono presenti le onde di circa 16 anni (detta del Wagner) e di 8 anni, che esistono pure tanto nella curva solare, quanto in quelle degli elementi climatici secolari esaminati da S. Polli; tali onde possono forse essere considerate quali armonici dell'onda di 33 anni, e così esse pure entrano nel quadro generale delle oscillazioni legate al ciclo solare.

Caratteristiche di tutte le onde componenti sono: il loro tipico periodo (o quasi-periodo); la variabile ampiezza; e la loro discontinuità. Si vede chiaramente che le onde sono intermittenti, e quando si ripresentano non hanno necessariamente la stessa fase del tratto che precede. Esse quindi *non possono essere considerate quali sequenze cicliche*. L'analisi periodale corregge così un errore suggerito da altri metodi che non consentono di ricostruire le curve componenti in vera forma e posizione.

Carattere ciclico ha la sola onda undecennale nella curva solare, perché si ripete indefinitamente, pur mutando ampiezza; essa conserva inoltre il carattere di onda predominante. Ma tale onda, come tutte le altre, è discontinua e non ha quindi carattere ciclico, nelle curve dendrologiche e climatiche.

Analoghi risultati ottenne il Buli nelle sue analisi. Ed è importante il fatto che egli pure trovi per l'onda undecennale fasi concordi nella curva solare e in quelle meristematiche, specialmente nel caso di piante meno sensibili alle mutevoli vicende climatiche, così che esse meglio rispecchiano la diretta azione solare.

Una certa concordanza di fase si osserva pure per altre onde, escluse quelle più brevi.

Eliminando tutte le onde componenti periodiche, si ottiene l'asse medio della curva: nella figura tale asse appare quale linea debolmente fluttuante attorno al livello di accrescimento annuo di circa

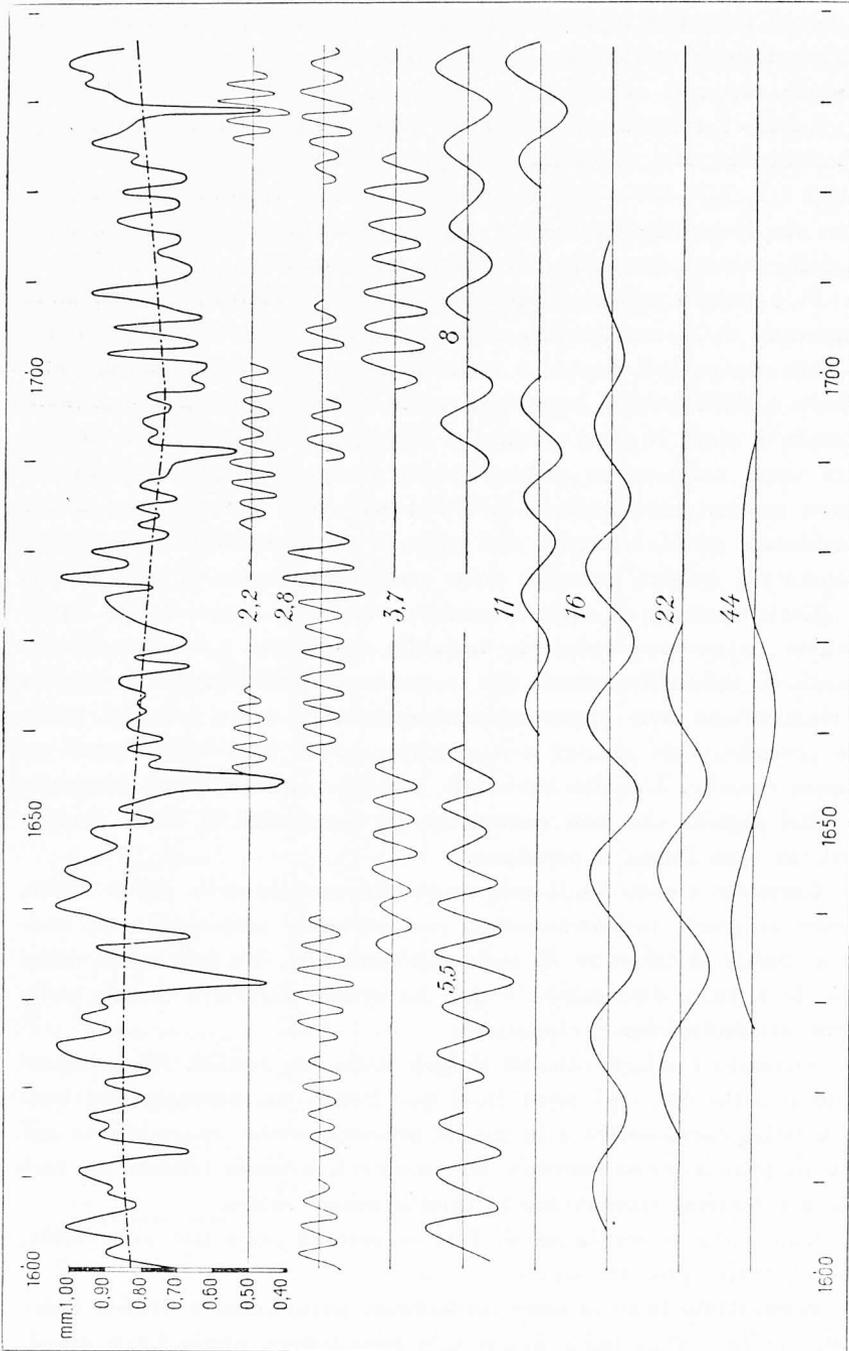


Fig. 2 - Fase intermedia

mm 0,90. Le oscillazioni dell'asse medio non hanno caratteri di regolarità. È facile controllare che la somma delle onde componenti e dell'asse medio riproduce con grande approssimazione la curva analizzata. Ciò indica che, oltre le irregolarità dell'asse medio, non esiste un substrato irregolare di rilevante ampiezza.

2. *Fase intermedia* (1600-1738). — La bimillenaria serie che si estende fra il primo e l'ultimo secolo di vita della pianta presenta oscillazioni piuttosto limitate attorno a un asse medio debolmente fluttuante, il quale corrisponde a un accrescimento della pianta generalmente inferiore a 1 mm all'anno. Nel tratto rappresentato dalla fig. 2 il medio accrescimento è di circa mm 0,80 all'anno, inferiore alquanto a quello osservato nella fase finale.

L'analisi di questa lunga serie non rivela nulla di nuovo rispetto ai risultati che si riferiscono ai tre intervalli illustrati nelle figure. Particolare interesse presenta la curva della fig. 2, che abbraccia il secolo XVII, perché fu affermato, da qualche autore, che in tale epoca le serie dendrologiche presentano anomalie dovute a un lungo periodo di crisi e di irregolarità nell'attività solare. I risultati delle analisi smentiscono tale affermazione, perché dimostrano che la curva ha la stessa struttura che si osserva nel periodo in cui l'attività solare è del tutto normale. Forse l'affermazione deriva dal fatto che per gran parte dell'intervallo manca l'onda di 11 anni; ma tale fatto si verifica anche alla fine del secolo XIX e all'inizio del XX, in presenza di cicli solari bene sviluppati, e quindi non autorizza a presumere l'esistenza di crisi nelle variazioni solari.

3. *Fase iniziale* (274-114 a.C.). — È la parte più interessante della curva, dato il rapido accrescimento annuo della giovane pianta: dopo raggiunti anche più di 4 mm all'anno, si decade però, con lenta e amplissima fluttuazione, sino a medie di poco superiori a 1 mm, per risalire in seguito a oltre 2 mm. Essendo molto ampie le oscillazioni, la scala delle ordinate, nella fig. 3, è ridotta a 1/4 rispetto a quella delle figure precedenti. La grande fluttuazione che si osserva nell'asse medio della curva, nella fase iniziale, è priva di ripetizioni e non può quindi essere considerata come un fatto periodico. Essa corrisponde probabilmente alla più grave crisi climatica della pianta nel suo lungo periodo di vita. Per ogni altro aspetto la curva ha la medesima struttura descritta nelle fasi precedenti. È presente, se pur debole, l'onda di 22 anni, e mancano oscillazioni

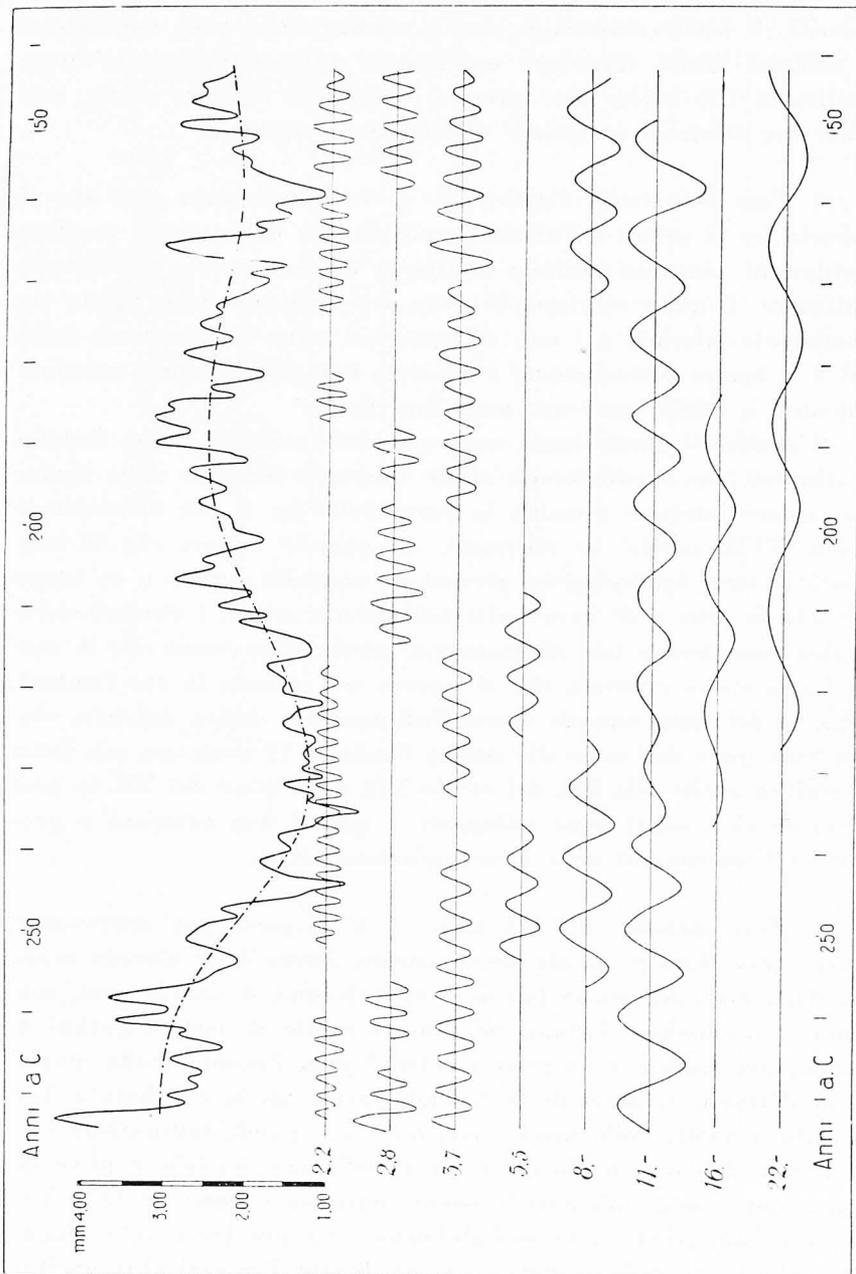


Fig. 3 - Fase giovanile

più lunghe. Assai sviluppata è l'onda undecennale, che si smorza in un primo tempo sino quasi a scomparire, ma poi riprende con crescenti ampiezze.

Ripetendo un'osservazione già fatta, le posizioni di quest'onda undecennale fissano anche le fasi di massima e di minima attività del Sole in quell'epoca remota, attività che già aveva, come oggi, un ciclo di circa anni 11,1.

A conclusione di questo breve lavoro si può osservare che di fronte a fenomeni tanto complessi, quali sono le variazioni climatiche e gli accrescimenti annui delle piante, rappresentati da curve così diverse nel loro aspetto, si rimane veramente sorpresi nel constatare che queste curve sono costituite degli stessi elementi periodici che caratterizzano i ritmi dell'attività e delle macchie solari. Questa uniformità di struttura pone ai biologi e ai fisici suggestivi problemi, che richiederanno lunghi studi per essere chiariti in modo soddisfacente.

Trieste — Istituto Talassografico — Settembre 1949.

RIASSUNTO

Una serie bimillenaria di accrescimenti annui di Sequoia gigantea è analizzata coi metodi dell'analisi periodale. Le onde periodiche componenti sono raffrontate con quelle analoghe delle curve climatiche e solari. L'onda undecennale è in fase con quella solare; le posizioni di tale onda possono servire quindi per fissare le posizioni dei cicli solari nei lunghi secoli di vita della pianta.

BIBLIOGRAFIA

(¹) BULI U., *Ricerche climatiche sulle pinete di Ravenna*. Pubbl. n. 10 del Centro Studi di Geografia fisica. Bologna, Università, 1949.

(²) VERGELLI F., *Guida per l'analisi delle periodicità nei diagrammi oscillanti*. Mem. CCLXXXV del Comit. Talass. Ital., Venezia, Ferrari, 1910; — *Analisi periodale dei diagrammi*. Tecnica Italiana, 1, 2, Trieste 1946.

(³) DOUGLASS A. E., *Climatic cycles and tree-growth*. Carnegie Institution, Washington, 1919.

(⁴) POLI S., *Analisi periodale della successione dei numeri relativi delle macchie solari*. Geofisica pura e applicata, IX, 3-6, Milano, 1946.