

STUDI FENOLOGICI

(Giovanna Puppi, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale, via Irnerio 42, 40126 Bologna)

INDICE

- A) **Che cos'è la fenologia**
- B) **Aspetti e applicazioni degli studi fenologici**
- C) **Metodi di rilevamento**
- D) **Informazioni fenologiche deducibili dagli erbari**
- E) **Bibliografia**

A) CHE COS'È LA FENOLOGIA

Generalità

Una definizione precisa degli ambiti di ricerca della fenologia è quella fornita dal Comitato di Fenologia US/IBP “ *la Fenologia è lo studio del ritmo temporale di fenomeni biologici ricorrenti, delle loro cause (fattori biotici e abiotici), e delle interrelazioni tra fasi della stessa o di differenti specie*” (Lieth 1974; Lieth et Schwartz 1997; Schwartz 2003).

La fenologia vegetale (chiamata anche fitofenologia) è la scienza che studia i fenomeni periodici nelle piante, che si manifestano con evidenti mutamenti del loro aspetto nel tempo: dunque, sono di pertinenza della fitofenologia i fenomeni riconducibili allo “sviluppo” delle piante e alle modificazioni periodiche dei loro organi (rami, foglie, fiori). Lo sviluppo di una pianta è un fenomeno continuo nel tempo, che però, per ragioni pratiche, dall'osservatore viene considerato come una successione di diverse fasi (fasi fenologiche o fenofasi).

Oggetto delle osservazioni fitofenologiche sono appunto le fasi di sviluppo di una pianta: ad esempio, il momento della schiusura delle gemme, il susseguirsi delle fasi della distensione fogliare, dell'ingiallimento e caduta delle foglie, l'andamento della fioritura e della fruttificazione.

Ogni rilevazione fenologica deve essere definita anche nelle dimensioni spazio-temporali e dunque è composta necessariamente da diversi tipi di informazioni:

- a) l'identità dell'individuo osservato (**fenotide**)
- b) la fase fenologica dell'individuo osservato (**fenofase**)
- c) il momento in cui è stata fatta l'osservazione (**tempo**)
- d) il luogo di rilievo (**stazione fenologica**).

Il riconoscimento delle fenofasi solitamente viene effettuata seguendo schemi convenzionali (**scale fenologiche** o **chiavi fenologiche**) concordati in seno alla comunità scientifica, in modo da ottenere dati confrontabili.

Le fenofasi, descritte nelle chiavi fenologiche, possono essere di carattere qualitativo (ad es.: gemme dormienti, boccioni rigonfi, dispersione dei semi, caduta delle foglie) o quantitativo (ad es.: numero di foglie emesse; livello di distensione delle foglie (in % rispetto alle dimensioni finali, o in cm); caduta delle foglie (in %); allungamento dei germogli (in cm)).

Importanti branche della fenologia sono: la **fenometria**, che si avvale di metodi di rilievo esclusivamente quantitativi, e la **sinfenologia**, che studia i ritmi fenologici delle comunità vegetali.

Un po' di storia

La fenologia ha origini molto antiche ed è nata come scienza applicata, con il fiorire delle prime civiltà, per conoscere i mutamenti periodici degli ecosistemi, prevederne le variazioni e ottimizzarne lo sfruttamento. In epoca romana troviamo annotazioni fenologiche in Plinio (Nat.Hist.) “ Floret prima omnium amygdala mense januario...ab ea proxima florent armeniaca, dein tuberes et precoces”. Nel '500, con il generale ritorno di interesse per le scienze naturali, riprendono anche le osservazioni fenologiche in vari paesi d'Europa (Zurigo, Cracovia).

Le osservazioni fenologiche assunsero regolarità e rigore scientifico soprattutto nel XVIII secolo con Marshall (1736) e poi Linneo (1750) che annotò i movimenti di apertura e chiusura dei fiori durante il giorno (Horologium florae, 1750) e costruì i primi calendari fenologici in base a osservazioni sulle fioriture in 18 diverse località della Svezia (Calendarium Florae, 1756). Alla fine del XIX secolo risale invece la prima carta fenologica ad opera di Hoffmann (vedi: Ihne 1885) che rappresenta la fioritura di *Syringa vulgaris* in Europa centrale.

Reti di stazioni fenologiche e serie storiche di dati

Negli ultimi due secoli in varie parti del mondo sono state svolte osservazioni fenologiche ripetute per molti anni, su piante o animali, in varie stazioni coordinate in reti (Schwartz 2003).

Le **reti fenologiche** rappresentano un sistema di controllo continuo dello "stato fenologico" del territorio: vengono utilizzate a questo scopo sia piante della flora spontanea che piante coltivate (in molti casi particolari cultivar o cloni).

Per quanto riguarda il continente europeo, in primo piano si pone la rete dei Giardini Fenologici Internazionali (IPG) in attività dal 1957, con 49 stazioni distribuite soprattutto in Europa centrale (Germania): i rilievi vengono eseguiti con una procedura standard su cloni di piante legnose (Schnelle e Volkert 1964).

Inoltre, in diversi stati sono state create reti fenologiche nazionali, o locali, che hanno raccolto dati di grande interesse. In Inghilterra esiste attualmente una rete nazionale e per il passato sono disponibili varie serie pluriennali di dati fenologici: il caso più interessante, per il lunghissimo periodo interessato, è quello della famiglia Marsham che effettuò rilievi fenologici su piante e animali presso Norwich dal 1736 al 1947 (Sparks e Carey 1995) .

In Germania esiste da lungo tempo una fitta rete di stazioni fenologiche, gestita dal DWD (Deutschen Wetterdienst), che ha raccolto una messe enorme di dati soprattutto nel dopoguerra (Freitag e Klante 1986); alcune stazioni sono attive da oltre un secolo e, per la fioritura del melo, si dispone di una serie ininterrotta di dati dal 1896.

Anche in Olanda sono disponibili lunghe serie di dati, che in certi casi partono dall'inizio del '900.

In Svizzera c'è una consistente rete di monitoraggio fenologico, con 120 stazioni organizzate dall'Istituto Svizzero di Meteorologia (Primault 1986; Jeanneret 1991; Defila 2000), che ha raccolto dati in modo sistematico dal 1951; tuttavia, per la città di Ginevra, sono disponibili osservazioni fino dal 1808, sulla fogliazione dell'ippocastano e sulla fioritura del ciliegio.

Recentemente è stato attivato un programma a livello continentale, EPN (European Phenological Monitoring Network), proposto dall'Università di Wageningen (NL), con lo scopo di coordinare l'attività delle diverse reti di rilevamento locali (Bruns et van Vliet 2003). L'obiettivo è quello di accrescere l'efficienza, la qualità e l'uso delle rilevazioni fenologiche, di stimolare le ricerche e le applicazioni pratiche dei dati fenologici negli stati membri dell'unione, nel contesto del cambiamento climatico globale.

Qui di seguito vengono di segnalati altri progetti internazionali o associazioni di interesse fenologico:

GPM - Global Phenological Monitoring; IPG - International Phenological Garden ; POSITIVE - Phenological Observations and Satellite Data; (NDVI): Trends in the Vegetation Cycle in Europe; GLOBE Phenological Gardens; GLORIA: The Global Observation Research Initiative in Alpine Environments; ILTER - International Long Term Ecological Research; MET INFO - Phenology; ICP FOREST - International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forest ; FIMCI - Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute ; Lilac Phenology Network ; ISB -International Society of Biometeorology-Phenology study group.

Serie di dati fenologici in Italia

In Italia la prima importante serie di rilevamenti fenologici su piante spontanee è stata svolta nell'ambito della Rete Fenologica Italiana sotto il coordinamento di M. Minio dal 1922 al 1936 e in seguito con il coordinamento di A. Marcello dal 1953 al 1965; a livello regionale la serie più significativa è quella della rete fenologica del Trentino coordinata da G. Dalla Fior e attiva per un quarantennio dagli anni '20 fino ai primi anni '60.

Nella seconda parte del secolo la serie di dati continuativi più lunga è stata quella raccolta da G. Montelucci a Guidonia 1960-1982 (Cenci e Ceschia 2000).

Dagli anni 80 si è intensificata nuovamente l'attività di ricerca in campo fenologico con l'istituzione di Giardini Fenologici (Malossini 1993; Fornaciari 2002) e l'attivazione di reti di rilevamento a fini speciali.

Nel 1982 venne istituito il primo Giardino Fenologico Italiano a S. Pietro Capofiume (BO) secondo i criteri dell'IPG (International Phenological Gardens) e il secondo fu istituito a Oristano nel 1985; in seguito ne furono aggiunti altri, fino a costituire la rete attuale che consta di una quindicina di siti distribuiti su tutto il territorio nazionale (vedi: AA.VV. Guida al rilevamento dei Giardini Fenologici Italiani. P.F. Phenagri).

Tra le raccolte di dati a fini applicativi, si può citare la rete di monitoraggio fenologico della Associazione Italiana di Aerobiologia (A.I.A.), in funzione dal 1991 al 1994 con lo scopo di monitorare le sorgenti di pollini allergenici (AA.VV. 1998).

In Emilia-Romagna sono state attivate reti locali di monitoraggio con realizzazione di carte fenologiche:

- a) nella fascia sommitale del crinale (bolognese-modenese) negli anni 1981-84 e 1999-2002: i dati riguardano alcune decine di specie erbacee e arbustive di altitudine (Puppi et al. 1994; De Nuntiis et al. 2002)
- b) nella fascia collinare e pianiziana bolognese dal 1983 al 2000 (Puppi Branzi e Zanotti 1989; Puppi et al. 1995; Zanotti e Puppi 2000, 2003; Zanotti et al. 2003): i dati riguardano numerose specie legnose ed erbacee spontanee.

B) ASPETTI E APPLICAZIONI DEGLI STUDI FENOLOGICI

L'interesse applicativo della fenologia riguarda numerosi campi, tra i quali: allergologia, agricoltura, selvicoltura, monitoraggio ambientale.

Attualmente uno dei maggiori obiettivi della ricerca fenologica applicata consiste nell'elaborazione di **modelli previsionali** degli eventi fenologici.

Le previsioni della fioritura di specie allergogene, o della comparsa di fenofasi di interesse nelle colture, si effettuano mediante **modelli fenologici** basati sull'uso di specie guida, oppure mediante **modelli feno-climatici** basati sull'uso di dati meteorologici (Schwartz 2003).

Il **modello feno-climatico** che domina ormai da decenni nella letteratura fenologica di base e applicata, grazie alla semplicità di applicazione e all'efficacia previsionale, ha origini antiche (Reaumur 1735) ed è fondato sul calcolo delle sommatorie termiche. Con questo tipo di modello si ipotizza che un determinato evento fenologico avvenga nel momento in cui la pianta ha accumulato una ben precisa quantità di calore, misurata usualmente in **gradi giorno**.

Nella formula delle sommatorie termiche, non vengono sommate le semplici temperature medie giornaliere, ma le cosiddette **temperature attive** e cioè i gradi oltre una certa soglia di temperatura (o **temperatura di base**): un altro importante parametro del modello è la **data di inizio** della sommatoria.

La temperatura di base, la data di inizio e la quantità finale di gradi giorno da accumulare per il raggiungimento di una particolare fenofase sono tre parametri caratteristici di ogni specie, a cui si può riconoscere una certa rispondenza con i meccanismi biologici che presiedono allo sviluppo.

I **modelli fenologici** invece, si fondano sulle correlazioni esistenti tra i cicli di sviluppo di alcune specie indicatrici (**specie guida**) e quelli delle specie da prevedere (**specie bersaglio**). In particolare la comparsa di determinate fenofasi in una o più specie indicatrici viene usata come indice o spia della successiva comparsa (dopo un certo intervallo espresso in giorni o in gradi giorno) di una particolare fenofase nella specie bersaglio (Lieth 1974; Schwartz 2003).

Le previsioni mediante specie guida risultano preferibili ad altri sistemi in zone climaticamente eterogenee, ove non esista una rete di stazioni meteorologiche sufficiente a effettuare previsioni precise con modelli feno-climatici

Un altro aspetto di attuale interesse della fenologia applicata riguarda il **monitoraggio territoriale**: rivolto a realizzare zonazioni bioclimatiche e valutazioni di rischio ambientale per le coltivazioni.

Una programmazione territoriale che tenga conto della vocazione fitoclimatica delle diverse zone e del relativo rischio ambientale non può prescindere da una approfondita conoscenza del territorio dal punto di vista climatico (**zonazione bioclimatica**), in quanto ci sono aree più o meno adatte all'insediamento di particolari colture e/o più o meno soggette a eventi meteorologici negativi (ad esempio rischio di gelate). A questi scopi possono essere utilizzate le piante della flora spontanea (o anche alcune colture) come **sensori bioclimatici** (Schreiber 1977). L'utilizzo di questi sensori biologici comporta alcuni concreti vantaggi rispetto alla strumentazione meteorologica: le piante spontanee infatti sono strumenti a basso costo (non richiedono manutenzione), si trovano diffuse in tutti i punti del territorio e percepiscono le variazioni meteorologiche in modo paragonabile a quello delle coltivazioni.

Infine, è da sottolineare l'utilità dei rilievi fenologici nel **monitoraggio degli ecosistemi naturali** sottoposti a rischi climatici. Forti variazioni del ritmo fenologico della vegetazione, causate da anomalie o cambiamenti climatici (Menzel 2000; Chmielewski e Rotzer 2001), possono influire sulla produttività degli ecosistemi e anche sulla capacità di sopravvivenza di alcune specie.

Per queste ragioni negli studi di monitoraggio ambientale, volti a valutare gli effetti delle variazioni climatiche sugli ecosistemi, vengono solitamente inserite analisi di tipo fenologico.

C) METODI DI RILEVAMENTO

Le modalità di rilevamento dei dati fenologici costituiscono una parte di cruciale importanza sia nelle singole attività di ricerca come in quelle di monitoraggio territoriale.

In base alla ormai consolidata esperienza internazionale in questo campo (Dierschke, 1972; Schnelle e Volkert, 1964; Lieth 1974; Krusi 1981; Meier 1997; Bruns et van Vliet 2003), si è giunti alla individuazione di una metodologia di rilevamento efficace (Schirone 1989; Malossini 1993).

Durante il periodo di attività vegetativa delle piante, i rilievi devono essere effettuati con periodicità almeno decadale nella medesima stazione.

Le osservazioni devono essere effettuate su un adeguato numero di individui: nel caso di specie spontanee da 5 a 25 individui per le piante legnose e da 20 a 80 individui per le erbacee, mentre nel caso di cloni o cultivar sono sufficienti poche ripetizioni (minimo 3). A ciascun individuo deve essere attribuita una delle fenofasi contemplate in una chiave di rilevamento appropriata.

Le chiavi di rilevamento

Le fenofasi vengono registrate usualmente mediante delle chiavi fenologiche: queste consistono in serie di stadi fenologici (o fenofasi) sinteticamente descritti che rappresentano nei tratti essenziali lo svolgersi di un evento fenologico, quale la fioritura, fruttificazione o fogliazione.

Le chiavi di rilevamento possono essere **generali**, quando sono applicabili a grandi gruppi di specie (ed es. Angiosperme, Gimnosperme, oppure latifoglie, erbe, ecc.), oppure **specifiche**, quando si riferiscono a singoli generi o specie e le descrizioni delle fenofasi sono strettamente aderenti alle relative caratteristiche morfologiche (queste ultime sono adatte per rilievi monospecifici).

Come si è accennato sopra, le chiavi fenologiche possono essere di tipo **qualitativo** quando le descrizioni delle fenofasi sono esclusivamente di qualitative, oppure **quantitative** quando le fenofasi rappresentano stadi di un unico fenomeno graduale di sviluppo (ad esempio la distensione delle foglie) e richiedono valutazioni quantitative (dati di misura o dati percentuali). In bibliografia per lo più si trovano chiavi **quali-quantitative**, cioè con alcune fenofasi qualitative e altre quantitative, come quelle classiche di Ellenberg (1954) e di Dierschke (1972).

Inoltre si possono distinguere chiavi **vegetative**, **generative** e chiavi **miste** a seconda che descrivano solo il ciclo vegetativo (sviluppo delle foglie e dei germogli), solo quello riproduttivo (fioritura e fruttificazione), oppure entrambi.

Nell'ampia scelta di chiavi fenologiche disponibili in letteratura segnaliamo, oltre alla classica chiave delle fioriture (fig.1) di Marcello (1935), le chiavi (vegetativa e generativa (fig.2)) adottate dalla rete dei Giardini Fenologici Italiani (Malossini 1993)

Stazioni di rilievo e reti territoriali

Le stazioni fenologiche devono essere rappresentative di un'area vasta, perché così facendo i dati ivi raccolti ci indicheranno le condizioni fenologiche di un ampio territorio. Perché una stazione sia rappresentativa di una

determinata area, bisogna che quest'ultima sia il più possibile omogenea dal punto di vista topografico e ambientale (quota, esposizione, substrato, clima).

Per realizzare un monitoraggio territoriale però è opportuno utilizzare una serie di stazioni, collegate tra loro da ben precise relazioni spaziali e ambientali: cioè una **rete** di stazioni fenologiche.

Le stazioni di una "**rete fenologica**", opportunamente collocate lungo i principali gradienti geomorfologici e bioclimatici, nel loro insieme dovrebbero rappresentare in modo completo il territorio in esame: da questa condizione dipende la possibilità di una buona interpolazione spaziale dei dati, e quindi una valida stima dell'andamento fenologico nel territorio.

Serie di stazioni distribuite in una regione in modo occasionale, cioè scelte unicamente secondo la disponibilità individuale di singoli rilevatori, difficilmente possono costituire una vera "Rete": è probabile infatti che esse forniscano solo un insieme di informazioni puntiformi, tra cui non è possibile individuare precise relazioni spaziali.

D) INFORMAZIONI FENOLOGICHE DEDUCIBILI DAGLI ERBARI

Gli erbari possono costituire preziose fonti di informazioni fenologiche, soprattutto per quanto riguarda le fenofasi generative. I campioni d'erbario infatti sono costituiti per lo più da piante in fioritura o fruttificazione e inoltre, nel cartellino d'erbario, oltre al nome della specie, sono generalmente indicati il luogo e la data di raccolta dell'esemplare. Nella più parte dei casi dunque in un foglio d'erbario sono presenti tutte le informazioni necessarie per un dato fenologico (l'identità del fenoide, la fenofase, il tempo e la stazione).

A questo proposito bisogna però fare alcune osservazioni.

a) Determinazione della fenofase.

Anche se non è difficile attribuire una precisa fenofase ad un campione d'erbario ben conservato, bisogna tener conto del fatto che lo stadio di sviluppo visibile nel campione raccolto potrebbe non essere perfettamente corrispondente a quello dell'intera pianta (ciò vale per le piante di grandi dimensioni, di cui è raccolta solo una porzione) e che, in ogni caso, il campione proviene da un singolo individuo. Sorge dunque il problema della scarsa rappresentatività fenologica del campione d'erbario (un solo individuo per specie e località), che è bassa anche per altri motivi: la pianta infatti non viene mai raccolta a caso, ma viene scelta, nell'ambito di una popolazione, tenendo conto della presenza di organi utili alla identificazione (fiori sbocciati e/o frutti maturi). Quindi, se un campione è in stadio di piena fioritura, ciò non significa automaticamente che la popolazione di quella specie fosse mediamente in piena fioritura al momento della raccolta (potrebbe anche essere stata l'unica pianta fiorita di una popolazione in boccio oppure già sfiorita). Per ovviare almeno in parte a questo inconveniente, si potrebbero confrontare i dati relativi a specie diverse raccolte nella stessa località (è noto infatti che le date di massima fioritura di molte specie sono tra loro fortemente correlate) in modo da individuare eventuali piante con cicli anomali.

b) Il tempo

La data di raccolta compare nei cartellini degli erbari moderni e anche in alcuni di quelli storici. Negli erbari antichi fino al '700 normalmente non ci sono notazioni relative al momento del rinvenimento delle piante. In quelli ottocenteschi si osserva generalmente una maggior cura nella compilazione dei cartellini, ove compaiono abbastanza regolarmente la località e periodo di raccolta (solo in certi casi è riportata la data precisa). Nelle raccolte del '900 per lo più è riportata la data completa di giorno, mese ed anno. Una situazione particolare riguarda gli erbari realizzati specificamente con ottica fenologica, come quelli collegati a calendari della flora (ad es. Bertoloni G. "Calendario di Flora Bolognese del 1873"), dove le date di raccolta sono sempre indicate con precisione.

c) La stazione

Per quanto riguarda il luogo di raccolta si trova una variabilità anche maggiore nella precisione delle informazioni.

Mentre negli erbari antichi le informazioni geografiche sono assenti o vaghe, dal diciannovesimo secolo si assiste ad una maggiore cura nella indicazione del luogo di raccolta, con il nome della località e/o del tipo di ambiente.

Nelle raccolte più recenti le informazioni geografiche sono senza dubbio più precise, tuttavia solo in certi casi si trovano registrati dati stazionali quantitativi (parametri geografici e topografici come: latitudine, longitudine, quota, esposizione e pendenza del suolo), come quelli che normalmente corredano le rilevazioni fenologiche fatte ad hoc.

Dal punto di vista fenologico, la precisione dell'informazione topografica è particolarmente importante soprattutto in caso di piante raccolte in zone di collina o montagna, dove la complessa orografia determina diversi microclimi e di conseguenza differenze fenologiche anche notevoli tra versanti, fondovali e crinali di una stessa località.

Bisogna considerare che il sito di raccolta è fenologicamente più o meno rappresentativo della località indicata nel cartellino, nella misura in cui corrisponde alle caratteristiche topoclimatiche medie della località stessa.

Da quanto detto si può concludere che le informazioni fenologiche desunte dagli erbari sono soggette a consistenti margini di errore, derivanti sia dall'attribuzione della fenofase che dalla incompletezza dei dati stazionali.

Salvo casi particolari, si tratta di informazioni con una precisione inferiore rispetto a quelle raccolte nel corso di indagini fenologiche mirate: tali dati dunque non possono essere usati per applicazioni con alto livello di dettaglio (dove si devono evidenziare differenze fenologiche dell'ordine di pochi giorni) come ad esempio per ricostruire un pattern fenologico territoriale o individuare un trend climatico pluriennale.

Tuttavia, a parte queste riserve, si deve riconoscere che le informazioni fenologiche contenute negli erbari costituiscono una enorme miniera ancora poco sfruttata.

Questi dati erbariologici potrebbero essere utilizzati per tutte le applicazioni che non richiedono un elevato dettaglio informativo (ad esempio per la costruzione di calendari pollinici) e in particolare possono risultare preziosi se riferiti a specie poco studiate dal punto di vista fenologico oppure ad epoche del lontano passato.

A questo proposito un esempio molto interessante si ritrova nella raccolta di G. Bertoloni sopra citata: si tratta in questo caso di un erbario fenologico dei dintorni di Bologna, redatto in un anno climaticamente anomalo (1873) con un inverno estremamente mite, tanto che in pieno gennaio l'autore trovò fiorite piante ad antesi primaverile come *Salvia pratensis*, *Trifolium pratense*, *Achillea millefolium*, *Anemone hortensis*, *Viola odorata*, *Daucus carota*, etc.

E) BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1998. - Monitoraggio fenologico su graminacee, castagno e nocciolo.- Notiziario Aerobiologico, Anno IV n.7: 75 pp.

Bruns E., van Vliet A.J.H., 2003 – standardisation and observation methodologies of phenological networks in Europe.- Wageningen University, German Weather Service, Wageningen, Offenbach.

Cenci C.A., Ceschia M., 2000 – Forecasting of the flowering time for wild species observed at Guidonia, central Italy. - Int. Journ. Biometeorol. Vol. 44, Issue 2 pp.88-96.

Chmielewski F.M., Rotzer T., 2001 – Response of tree phenology to climate changes across Europe- Agric Forest Meteorol. 108:101-112.

Defila C., 2000 – Phytophenological trends in Switzerland. Progress in Phenology Monitoring, Data Analysis and Global Change Impacts, October 2000, Freising, Germany.

De Nuntii P., Poni P., Puppi G., Mandrioli P., 2002 – Airborne pollen monitoring at high altitude as phenological remote sensing. - Abstracts of 7 Intern. Congr. on Aerobiology, Montebello, Quebec, Canada, p. 178.

Dierschke H., 1972. - Zur Aufnahme und Darstellung phänologischer Erscheinungen in Pflanzengesellschaften. In: Tuxen R. Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. Ber. Int. Symp. der Int. Verein. für Veg. Junk, Den Haag.

Ellenberg H., 1954. - Naturgemasse Anbauplanung, Melioration und Landespflege - Landw. Pflanzensoziologie III, Stuttgart.

Fornaciari da Passano M., 2002 – “I giardini fenologici in Italia”. In: Atti del convegno: Phenagri – Fenologia per l'agricoltura: p. 159-165.

Freitag E., Klante B., 1986 - Pflanzenphanologie beim Deutschen Wetterdienst (DWD). Arboreta phaenologica, Offenbach a. M., 31:81-91.

Ihne E., 1885 - Karte der Aufblühzeit von *Syringa vulgaris* in Europa.- Bot. Centralblatt, 21:85-88, 116-121, 150-155.

Jeanneret F., 1991 - Une coupe phenologique a travers le Jura Suisse. Publ. Ass. Int. Climatologie, Vol 4: pp.307-314.

Krusi B., 1981 - Phenological methods in permanent plot research. Veroff. Geobot. Inst. Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rubel, Zurich, 75, 115 pp.

Lieth H. (ed), 1974 – Phenology and seasonality modeling. – Ecological Studies n.8, Springer, N.Y.

Lieth H., Schwartz M.d. (ed.), 1997 – Phenology in seasonal climates - Progress in Biometeorology n. 12. Backhuys, Leiden.

Malossini A. ed. 1993 - Procedure per il rilevamento fenologico nei Giardini Italiani. Gruppo di Lavoro nazionale per i Giardini fenologici. Assessorato Agricoltura, R.E.R.

Marcello A., 1935 - Nuovi criteri per le osservazioni fitofenologiche. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 42: 543-556.

- Meier U., 1997 – Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH-Monograph . Blackwell Science, Berlin, Vienna, 622 pp.
- Menzel A., 2000 – Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996 – Int. Journ. Biometeorol. Vol. 44, Issue 2 pp.76-81.
- Primault B., 1986 - Phanologie: Fruhling, Fruhsommer, Sommer, Herbst. In Kirchhofer et al. Klimaatlas der Schweiz. Bundesamt fur Landestopographie, Wabern-Bern.
- Puppi Branzi G., 1989 - Rilevamenti fenologici su piante della flora spontanea. in Schirone ed.- Metodi di rilievo e di rappresentazione degli stadi fenologici.- IPRA Quaderni metodologici n.12 :9-36.
- Puppi Branzi G., Zanotti A.L., 1989 - Methods in phenological mapping – Aerobiologia, Vol.5 (1):44-54.
- Puppi G., Zanotti A.L., Lamego C., (1993) 1995 - Ricerche sinfenologiche in boschi submontani del bolognese. - Annali di Botanica, Vol. 51, Suppl. 10: 171-194
- Puppi G., Zanotti A.L., Speranza M., 1993 - Phenological studies on Vaccinium and nardus communities.- Fitosociologia, 26: 63-79.
- Robertson G.W., 1983 - weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crops.- WMONT 180, 99 pp.
- Schirone B. ed., 1989. - Metodi di rilievo e di rappresentazione degli stadi fenologici.- IPRA Quaderni metodologici n.12, 127 pp.
- Schnelle F., Volkert E., 1964.- Internationale Phanologische Garten. Agric. Met. 1:22-29.
- Schwartz M.D., 2003 - Phenology: an Integrative Environmental Science.- Kluwer Ac. Pub., 564 pp.
- Schreiber K.F 1977 – Les niveaux thermiques de la Suisse (4 cartes 1/200.000) Dep. Fed. Just. Pol. Berne, 69pp.
- Sparks T.H., Carey P.D., 1995 – The responses of the species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record 1736-1947. Journal of Ecology 83:321-329.
- Zanotti A.L., Puppi G., 2000 – Phenological surveys of allergenic species in the neighbourhood of Bologna (Italy) – Aerobiologia 16: 199-206.
- Zanotti A.L., Puppi G. 2003 - A phenological data bank in Northern Italy.- Proc. Intern. Congr. on Phenology , “Challenging Times” Wageningen ,The Netherlands, 31 March – 2 April 2003: pp. 95-97
- Zanotti A.L., Puppi G., Zinoni F., Marletto V., 2003 – Mapped fenologiche a scala di dettaglio.-Atti convegno nazionale “ PHENAGRI :Fenologia per l'agricoltura” Roma, 5 - 6 dicembre 2002 UCEA, MiPAF: pp. 118-124.

Fig.1 CHIAVE DI RILEVAMENTO SULLE FIORITURE PROPOSTA DA A.MARCELLO (1935)

000 Assenza del fenomeno
+00 Presenza di soli Boccioli
++0 Boccioli e fiori aperti
+++ Piena fioritura: boccioli, fiori aperti e fiori sfioriti
0++ Inizio sfioritura: fiori aperti e fiori appassiti
00+ Completa sfioritura: solo fiori appassiti
000 fine del fenomeno

Fig.2 CHIAVE DI RILEVAMENTO ADOTTATA DAI GIARDINI FENOLOGICI ITALIANI(1993)

FASI VEGETATIVE

V1 Gemme in riposo
V2 Gemme rigonfie prossime alla schiusura
V3 Gemme rigonfie insieme a gemme aperte, con foglie ripiegate
V4 Gemme appena aperte insieme a foglie giovani con lembo disteso
V5 Foglie giovani a lembo disteso
V6 Foglie giovani insieme a foglie adulte
V7 Foglie adulte
V8 Inizio della decolorazione fogliare
V9 Foglie prevalentemente decolorate
V10 Inizio disseccamento delle foglie
V11 Foglie prevalentemente disseccate
V12 Inizio caduta foglie
V13 Foglie prevalentemente cadute
V14 Pianta completamente spoglia

FASI RIPRODUTTIVE

R1 Boccioli o amenti presenti ma poco sviluppati
R2 Boccioli prossimi alla schiusura, rigonfi, con petali visibili
Amenti sviluppati ma immaturi (+00)
R2 Boccioli rigonfi e fiori aperti; amenti immaturi e amenti maturi (++0)
R4 Piena fioritura (+++): boccioli, fiori aperti e fiori sfioriti
Amenti prevalentemente maturi
R5 inizio sfioritura: fiori aperti e fiori appassiti; amenti maturi e amenti sfioriti (00+)
R6 Completa sfioritura: fiori appassiti; amenti sfioriti
R7 Allegazione: inizio ingrossamento ovari
R8 Inizio fruttificazione
R9 Frutti evidenti ma in prevalenza immaturi
R10 Culmine della fruttificazione
R11 Frutti in parte caduti, degenerati o secchi
R12 Presenza di soli frutti residui