

La situazione della ricerca

LE PUBBLICAZIONI E I PROGETTI NELLA FENOLOGIA VEGETALE

Negli ultimi anni la fenologia, ossia il rilevamento e l'immediata registrazione sistematica della data delle varie fasi di sviluppo delle piante al fine di correlare questi eventi alle condizioni ambientali (Marletto et al., 2006), ha visto rinnovato interesse (Ventura et al., 2006). I numerosi campi di applicazione (cambiamenti climatici, allergologia, protezione delle colture, stima delle produzioni) in associazione alla disponibilità di strumenti di studio e analisi sempre più affidabili ed efficaci (modellistica, remote sensing, telecomunicazioni) hanno indubbiamente contribuito a portare all'attenzione dei ricercatori questa disciplina.

Per fare un quadro iniziale sullo stato della ricerca fenologica in Italia è stata preliminarmente condotta un'analisi sulle principali banche dati scientifiche, tesa a determinare il numero di pubblicazioni di carattere fenologico prodotte nei primi cinque mesi dell'anno 2007 a livello mondiale e valutare in tal modo il livello di interesse dietro questa disciplina, le specie vegetali studiate e sotto quale aspetto vengano condotte le ricerche in oggetto.

Dall'analisi condotta sugli elenchi pubblicazioni del database ISI-Web of Knowledge, inserendo la parola "phenology", è emerso che nei primi cinque mesi del 2007 sono stati pubblicati 74 lavori (fig. 1). Gli Stati Uniti, con 20 pubblicazioni, e l'Unione Europea (UE27), con 15 lavori, emergono rispetto agli altri paesi. È però importante sottolineare come molti altri, e tra questi il Brasile con ben 8 pubblicazioni, investano in

* *Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agro-forestale, Università degli Studi di Firenze*

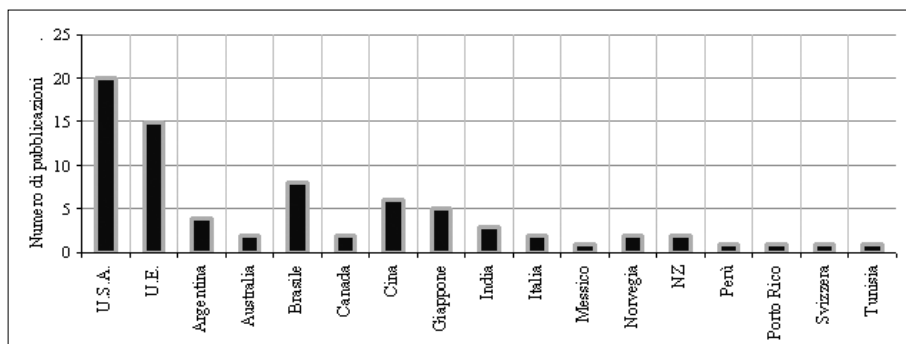


Fig. 1 Numero di pubblicazioni di carattere fenologico, relative ai primi cinque mesi del 2007, rilevate nel database ISI-Web of Knowledge, inserendo la parola "phenology"

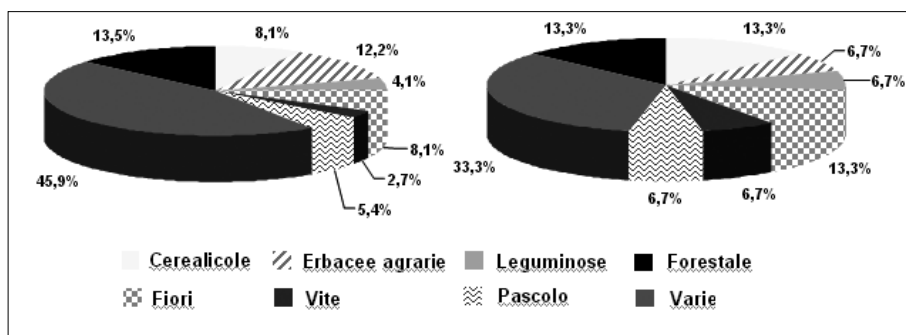


Fig. 2 Rapporto percentuale tra le specie vegetali studiate nel mondo (grafico a sinistra) e nell'Unione Europea-UE27 (grafico a destra)

questo campo anche grazie ai ridotti costi di ricerca, mentre i risultati sono di alto vantaggio e facile utilizzo per i settori tecnico-produttivi agro-forestali.

Dall'analisi della stessa banca dati è possibile valutare come vari l'interesse sulle specie oggetto di ricerca. In tutti i paesi, le specie forestali risultano al primo posto come numero di pubblicazioni a loro dedicate, ma nei paesi più industrializzati e forti economicamente, pur rimanendo al primo posto, tale ricerca si riduce a vantaggio di altri settori di maggior rilevanza economica e prettamente agricoli. Addirittura l'analisi delle pubblicazioni prodotte nei paesi dell'Unione Europea ha evidenziato uno spostamento di interesse a favore non tanto della produzione agricola alimentare, quanto piuttosto a colture intensive da reddito come la vite e al settore floricolo (fig. 2).

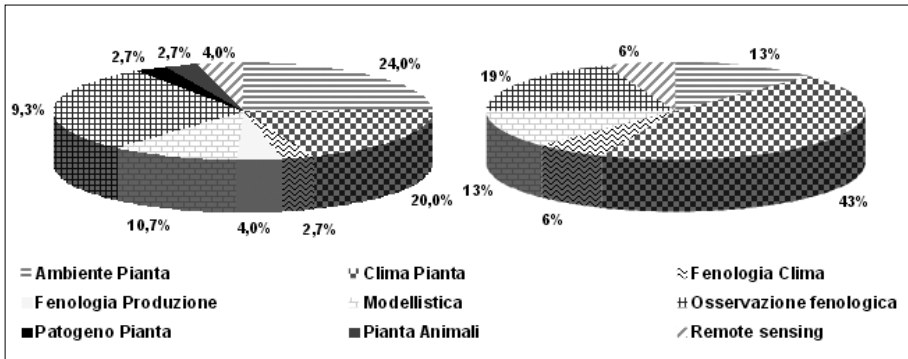


Fig. 3 Distribuzione dei campi di attività in cui si inserisce la ricerca fenologica a livello mondiale (grafico a sinistra) ed europeo (UE27)

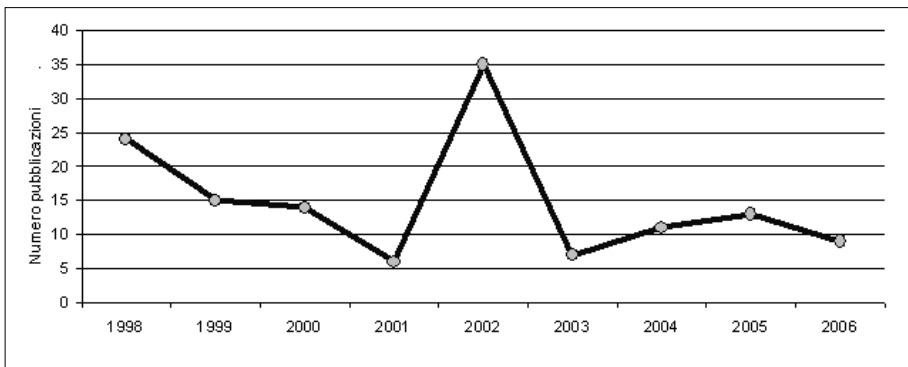


Fig. 4 Numero di pubblicazioni prodotte annualmente da ricercatori italiani, secondo i data base ISI, Agris e CAB, inserendo la parola "phenology"

Allo stesso modo è possibile valutare quali siano le finalità degli studi. A livello mondiale al primo posto è la pura osservazione fenologica, seguita dalle ricerche sull'anticipo o il ritardo delle varie fasi fenologiche e infine sulle influenze del clima sulla fenologia. In realtà, la maggior parte dei paesi, soprattutto quelli in via di sviluppo, puntano la propria ricerca in direzione delle prime due voci, poiché sono queste che hanno minori costi di ricerca e maggiori sviluppi applicativi e produttivi. Nel bilancio mondiale, l'alta percentuale delle pubblicazioni riguardanti relazioni tra cambiamenti climatici e fenologia è quasi interamente dovuta a pubblicazioni prodotte negli Stati Uniti, dove raggiungono quasi il 30% della ricerca, e nell'Unione Europea, dove il forte interesse per i cambiamenti climatici in atto porta la percentuale di pubblicazioni addirittura al 42% del totale (fig. 3).

Nel campo della ricerca fenologica, l'Italia non svolge un ruolo di primo piano. I dati elaborati a partire dagli elenchi pubblicazioni delle banche dati ISI, Agris e CAB, inserendo la parola "phenology" e limitando il campo ai lavori in cui il primo autore è italiano, indicano che nel periodo 1998-2006 il numero di pubblicazioni annue è andato calando, attestandosi negli ultimi tre a circa dieci lavori editi annualmente (fig. 4). Per quanto riguarda i primi cinque mesi del 2007, i database hanno fornito soltanto due pubblicazioni e purtroppo, in luce di quanto è fatto all'estero, il dato non è incoraggiante.

In Italia la mancanza di sostegno finanziario alla ricerca fenologica si può facilmente rilevare dall'analisi della banca dati del MIUR, secondo la quale, dal 2000 al 2006, soltanto sei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) hanno riguardato tematiche di fenologia.

Analizzando la banca dati è emerso che le specie erbacee sono quelle che sono poste maggiormente sotto indagine. In particolare per le specie cereali-cole agrarie e prative da pascolo sono stati realizzati progetti di ricerca, mentre sulle colture arboree il numero di PRIN è stato inferiore e quasi esclusivamente legato a ricerche sull'olivo.

I progetti sono principalmente condotti per la pura osservazione e il miglioramento delle conoscenze delle specie prese in esame, ma anche per la realizzazione di modelli di sviluppo e, soprattutto negli ultimi anni, per studiare la variazione della tempistica delle varie fasi fenologiche in funzione dei cambiamenti climatici.

A livello nazionale, il progetto di ricerca di più ampio respiro è senza dubbio "Phenagri: fenologia per l'agricoltura" finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali con l'obiettivo, in relazione alle modifiche che il settore agricolo sta vivendo, di determinare lo stato dell'arte della fenologia, impostare nuovi criteri d'osservazione e studio, favorire una più efficace organizzazione e utilizzazione dei dati fenologici (fig. 5).

L'idea, alla base del progetto "Phenagri", è nata all'inizio degli anni Novanta, su sollecitazione del mondo dell'agricoltura e dell'agrometeorologia. Tra i principali motivi che hanno portato alla realizzazione del progetto vi era anche l'interesse dei botanici sui temi della fenologia e dei bioritmi oltre alla necessità, da parte dei Servizi Regionali, di disporre di dati fenologici, sistematici e standardizzati, da trasferire agli agricoltori per poter attuare con maggior efficacia le pratiche agricole. Di conseguenza vi era il bisogno di integrare le banche dati meteorologiche con informazioni di tipo biologico e arricchite costantemente con informazioni fenologiche corrette, omogenee e ben distribuite sul territorio.



Fig. 5 Homepage del progetto Phenagri (www.phenagri.it)

Sinteticamente, gli obiettivi del progetto prevedevano:

- la messa a punto di metodologie di rilevazione fenologica e l'approfondimento delle relazioni esistenti tra comportamento fenologico e andamenti meteorologici;
- la costruzione, validazione e implementazione di modelli di simulazione dello sviluppo di varie specie erbacee, validi in contesti climatici diversi;
- la realizzazione di modelli per la progressione di malattie fungine e modelli statistici di interpolazione per la spazializzazione di dati fenologici;
- la costruzione di una Banca Dati generale in cui far confluire tutti i dati e le osservazioni raccolte dai singoli gruppi di ricerca.

I primi risultati conseguiti possono essere sinteticamente riassunti nella definizione di standard metodologici, l'organizzazione di banche dati, la messa a punto e la taratura di modelli e la stesura di manuali e ipertesti. La banca dati del progetto, presso l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, è un punto di riferimento nazionale per la conservazione delle informazioni fenologiche. Vi si trovano raccolti e ordinati più di 130.000 dati fenologici e più di 5.000 dati meteorologici. Inoltre nel panorama internazionale si sono avviati i collegamenti necessari con altri progetti, tra cui EPN (European Phenological Network).

Tra i compiti di Phenagri vi era anche quello di studiare lo sviluppo fenologico di specie guida nei giardini fenologici italiani. In Italia, come in

molti altri paesi, oltre agli orti botanici i giardini fenologici sono strutture specifiche per lo studio delle fasi di sviluppo delle piante. In particolare, i giardini fenologici sono spazi, all'interno dei quali sono effettuate osservazioni e misure standardizzate, al fine di indagare gli effetti del clima sullo sviluppo delle piante. La nascita dei giardini fenologici risale al 1953 e già nel 1957 fu dato l'avvio ufficiale alla rete dei Giardini Fenologici Internazionali (IFGI). In Italia il più antico è quello di San Pietro Capofiume, in provincia di Bologna, creato nel 1982, capofila della rete italiana di giardini fenologici, costituita da circa una decina di siti sparsi sul territorio nazionale. Gli studi condotti sui giardini fenologici hanno diretti riscontri applicativi: in campo agricolo consentono di programmare gli interventi sulle colture, nel settore selvicolturale consentono il monitoraggio dello stato di salute delle foreste e infine nel settore della patologia agroforestale per il monitoraggio delle malattie. I giardini fenologici, grazie alle serie storiche in essi raccolte, sono inoltre uno strumento privilegiato per l'individuazione e la quantificazione degli effetti biologici dei cambiamenti climatici ormai in atto.

In Italia l'osservazione fenologica su piante spontanee e coltivate è condotta da parte di osservatori operanti presso servizi agrometeorologici o presso strutture di ricerca (Università, Cnr, ecc.). Nonostante la ricchezza di soggetti interessati vi è troppo spesso il negativo riscontro di una diffusa carenza di sistematicità nelle attività in atto, che si traduce in frequenti episodi di comparsa e successiva scomparsa di iniziative specifiche. Per far fronte a ciò è nato il progetto Italian phenological network (Iphen) (Mariani e Caterisano, 2007), realizzato da un gruppo di lavoro, composto da esperti in fenologia vegetale appartenenti a diversi soggetti quali Università, Orti botanici, Servizi Agrometeorologici e Cnr, con l'obiettivo di formare una rete scientifica stabile dedicata al monitoraggio e alla modellistica matematica in ambito fenologico vegetale.

I SETTORI DI RICERCA

Il "remote sensing"

Lo studio delle fasi fenologiche di una coltura, lascia presupporre la costante presenza di un osservatore sul sito d'indagine. In realtà la ricerca fenologica si può facilmente associare al telerilevamento e quindi alla possibilità di controllare a distanza lo sviluppo della specie vegetale oggetto d'indagine. In agricoltura il telerilevamento è utilizzato, come mezzo non distruttivo, per stimare le condizioni delle colture. Lo studio della riflettanza spettrale della vegetazione ha

permesso di definire relazioni quantitative tra le fasi fenologiche e i dati telerilevati in modo da poter mettere a punto indici di vegetazione. Studi condotti in questi ultimi anni hanno evidenziato la possibilità di utilizzare il telerilevamento per la stima di parametri colturali, come ad esempio l'indice di area fogliare (LAI), la percentuale di copertura vegetale, la biomassa (Basso et al., 2004). Esistono molti indici multispettrali della vegetazione capaci di correlare i dati forniti dai sistemi di *remote sensing* alle condizioni di salute della coltura grazie alla diversa riflessione della luce che hanno le foglie sane e le foglie sottoposte a stress (mentre le prime emettono maggiori onde nell'infrarosso, le seconde presentano una più alta riflessione nel rosso visibile). Altri indici sono usati per valutare il grado di crescita e di sviluppo di una coltura; tra questi l'indice più diffuso è l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). L'indice assume valori tra -1 e 1, in particolare inferiori a 0 per l'acqua, poco superiori a 0 per i suoli e tra 0.4 e 0.7 per la vegetazione in funzione del LAI. Solo vegetazioni molto dense arrivano a 0.8. L'NDVI consente di stimare innanzitutto il LAI della coltura osservata, quindi correlando il dato a modelli di sviluppo e crescita della coltura si può stimare la fase fenologica. Oggigiorno il telerilevamento e l'uso degli indici di vegetazione sono in continua espansione, poiché rivestono un'importanza notevole nel contesto di applicazioni di agricoltura di precisione per la determinazione della variabilità spaziale delle produzioni.

La spazializzazione

La variabilità fenologica a scala territoriale è una problematica che rende difficile la scelta del momento ottimale per eseguire gli interventi necessari alla gestione del verde, in base allo sviluppo della coltura. La creazione di carte tematiche è un modo efficace per rappresentare tale variabilità, ma presenta grossi problemi, a partire dai dati di partenza. Ovviamente un altro importante fattore di errore è la qualità grafica con cui si è realizzata la mappa. Attualmente la maggior parte della cartografia fenologica si basa su dati puntiformi rilevati al suolo, la cui qualità dipende dall'omogeneità, dalla frequenza, dalla rappresentatività e dall'obiettività dei rilievi.

La spazializzazione dei dati fenologici, richiede la presenza di una fitta rete di stazioni, che sia anche distribuita omogeneamente sul territorio. La spazializzazione per interpolazione diretta tra i punti di rilievo necessita di una densa rete di stazioni, in modo tale che a ognuna competa una ridotta e omogenea porzione di territorio.

I modelli matematici feno-topografici o feno-climatici offrono un'ulte-

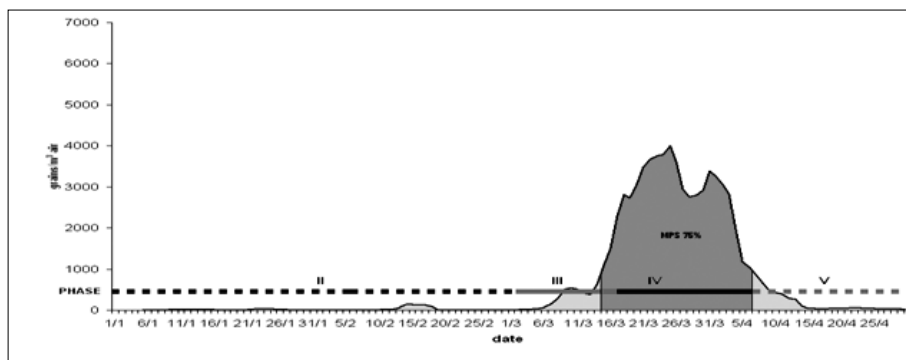


Fig. 6 Concentrazione dei granuli pollinici di cipresso in relazione alla data e alla fase fenologica (Torrighiani Malaspina et al., 2007b)

riore possibilità per spazializzare i dati puntiformi. In questo caso saranno relazioni matematiche a spiegare la variabilità esistente in funzione di variabili indipendenti, disponibili sul territorio, che più spesso sono quelle topografiche. Sono utilizzate come variabili indipendenti la latitudine, longitudine, quota, quando si lavora su scale piccole, mentre quando si ricerca un maggior dettaglio e si usano scale più grandi vengono utilizzate la quota, l'esposizione, la pendenza. L'integrazione di modelli con la contemporanea osservazione di dati fenologici e climatici in una rete di stazioni consente di ottenere un elevato dettaglio nella rappresentazione cartografica (Puppi e Speranza, 1980). L'integrazione dei due tipi di modelli consente una reciproca correzione e validazione dei due approcci e permette l'interpretazione in chiave climatica degli andamenti fenologici e di caratterizzare bioclimaticamente il territorio.

I modelli

La realizzazione di modelli matematici rappresenta un elemento di sicuro progresso per la ricerca fenologica. Relazioni matematiche più o meno complesse possono costituire la base per analizzare i comportamenti fenologici delle specie studiate, oltre che fornire informazioni in tempo reale per i diversi settori applicativi (difesa, sanitario, etc.).

Un esempio di modello feno-climatico è il modello del *Cupressus sempervirens*, realizzato dal Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia dell'Università degli Studi di Firenze (Torrighiani Malaspina et al., 2007b). Il polline delle Cupressaceae contiene numerose proteine allergeniche responsabili di comuni pollinosi ed è il maggior componente tra le aerospore invernali e inizio prima-

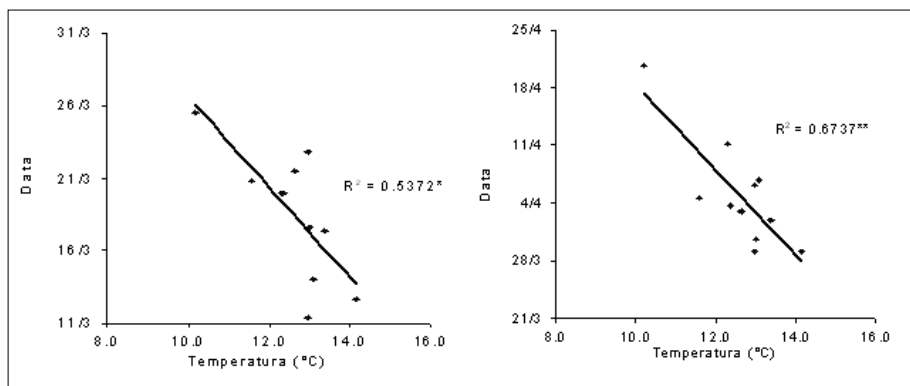


Fig. 7 Correlazione tra la data d'inizio della fase fenologica corrispondente al periodo di dispersione dei pollini (a sinistra) e quella della sua conclusione con l'andamento delle temperature medie (Torrigiani Malaspina et al., 2007b)

verili nei paesi a clima Mediterraneo. Nel territorio regionale Toscano, il cipresso è presente sia nei boschi delle zone collinari sia nei centri urbani, perché ampiamente utilizzato come specie ornamentale. Durante i periodi di fioritura è facile riscontrare nell'atmosfera un'elevata concentrazione di pollini di cipresso, con inevitabili conseguenze per la salute della popolazione allergica (fig. 6).

L'inizio della fioritura del cipresso può variare di diversi giorni, o addirittura settimane, da un anno all'altro, in funzione dell'andamento meteorologico. I soggetti allergici si trovano quindi costretti a sottostare alle terapie antiallergiche da prima della fioritura del cipresso fino all'esaurimento dei pollini nell'atmosfera, dovendo assumere medicinali anche per periodi molto lunghi, con costi elevati sia per il privato cittadino che per la Sanità pubblica. Lo studio è stato incentrato sull'analisi delle dinamiche di fioritura, di produzione e dispersione dei pollini, in funzione dell'andamento meteorologico stagionale, e sulle correlazioni tra dispersione dei pollini e trattamenti farmacologici intrapresi dai pazienti allergici. Dall'analisi dei risultati è emerso chiaramente che la data d'inizio della fase fenologica corrispondente al periodo di dispersione dei pollini e quella della sua conclusione, sono correlate in maniera statisticamente significativa con l'andamento delle temperature medie registrate in ciascun popolamento (fig. 7).

L'uso del modello consentirà di rendere più efficaci i trattamenti antiallergici, limitandone la durata al periodo necessario e consentendo alla popolazione allergica di intraprendere la cura in sufficiente anticipo rispetto alla comparsa dei sintomi. Tutto ciò si traduce anche in un risparmio economico, sia per il privato cittadino, sia per il Sistema Sanitario.

Lo stesso modello è stato applicato per una valutazione degli effetti do-

vuti ai cambiamenti climatici in corso, sulla stagione pollinica nel centro Italia. Attualmente si considera che nella zona di Firenze intercorrono circa 130 giorni dal 1° di ottobre prima che si arrivi, nella prima decade di febbraio, all'emissione del polline. Applicando il modello fenologico allo scenario climatico "SRES scenario A2" (Nakićenović et al., 2000) il numero dei giorni si riduce progressivamente in relazione al progressivo aumento delle temperature previsto per i prossimi anni. La riduzione prospettata, parla di circa 120 giorni dal 1° ottobre nel 2035, per arrivare a circa 100 giorni, corrispondenti alla prima decade di gennaio, nel 2100 e pertanto con un mese di anticipo sull'attuale periodo di fioritura (Torrighiani Malaspina et al., 2007a).

Le applicazioni per la gestione agricola

Come già precedentemente accennato, la fenologia può essere efficacemente applicata nel settore agricolo per stabilire i tempi opportuni per l'esecuzione di varie operazioni quali trattamenti e concimazioni. In questo caso la conoscenza dello stadio fenologico della coltura consente di individuare il momento ottimale per massimizzare la risposta fisiologica alla concimazione, riducendo quindi lo spreco di prodotto e, nel caso dei trattamenti, di evitare la somministrazione del principio attivo in una fase fenologica in cui la pianta risulta sensibile allo stesso o non suscettibile alla malattia. La fenologia viene impiegata anche nella predisposizione dei piani di adattamento della coltura, poiché il fabbisogno idrico, oltre che in funzione delle variabili climatiche, varia in funzione dello stadio di sviluppo della coltura stessa (Allen et al., 1998).

Per quanto riguarda nello specifico la previsione dello sviluppo di malattie, il modello fenologico più semplice è forse legato alla regola dei tre-dieci. Questo modello fu ideato nel 1947 da Baldacci per individuare il momento favorevole al verificarsi dell'infezione primaria di peronospora della vite (*Plasmopara viticola*, Berk. et Curtis). La condizione ottimale, perché il patogeno possa svilupparsi e penetrare nelle cellule fogliari della vite, si ha quando la temperatura dell'aria supera i 10°C e nelle ultime 24-48 ore si sono registrati almeno 10 mm di pioggia; inoltre è necessaria una precisa condizione fenologica della pianta, ovvero che i germogli abbiano una lunghezza di almeno 10 cm.

Un ulteriore esempio di modello è il RUSTPRI, il quale è stato studiato per prevedere la comparsa e lo sviluppo delle infezioni della ruggine bruna del

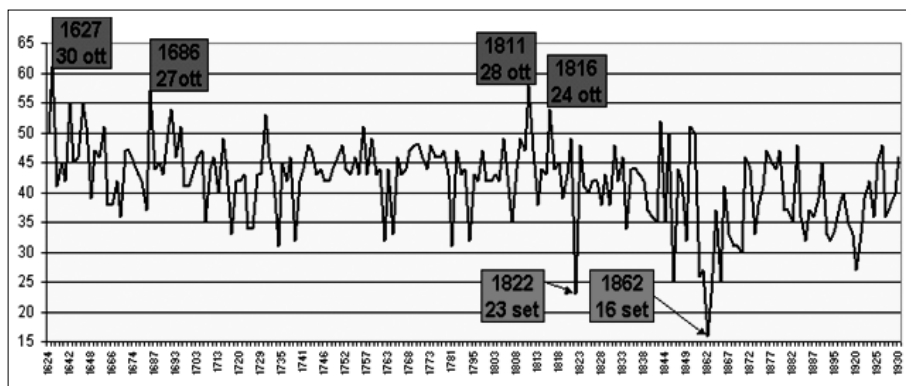


Fig. 8 Date di inizio vendemmia a Tirano a partire dal 1624 (Zoia, 2004)

frumento (*Puccinia recondita* f.sp. *tritici*) in funzione dello sviluppo fenologico della coltura. Il modello è stato messo a punto dall'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza e validato tra il 1990 e il 1994 in Emilia-Romagna (Rossi et al., 1997). Il modello consente di determinare la probabile data in cui si verifica un'infezione, la percentuale di uredospore che può infettare le foglie e il momento in cui è possibile che si manifestino i primi sintomi della malattia. Per far ciò necessita di alcuni dati quali la data di semina e le condizioni meteorologiche per simulare le condizioni di sviluppo della coltura e la probabile data in cui si avrà lo stadio fenologico di botticella oltre al quale la pianta diviene suscettibile all'attacco delle uredospore del patogeno.

Altre applicazioni dei modelli consentono la determinazione del tempo di inizio raccolta e la probabile quantità di prodotto raccolto (Moriondo et al., 2001).

I cambiamenti climatici

La fenologia può essere utilizzata efficacemente per conoscere il clima e in presenza di serie di dati storici, valutare i cambiamenti che si sono registrati nel corso degli anni (Barbi et al., 2007). L'anticipo e il ritardo delle fasi fenologiche sono sintomi evidenti della variabilità climatica e, allo stesso modo, conoscere le date delle fasi fenologiche nel passato consente di poter ipotizzare, con un certo grado di approssimazione, il clima dell'epoca. In quest'ottica si sta svolgendo un'attività di ricerca sulle date di vendemmia in Valtellina (Zoia, 2004) in modo da utilizzarle come proxy per descrivere il decorso delle temperature estive nella "Piccola era glaciale" (fig. 8) e analo-

ghi studi sono portati avanti in Francia dal gruppo del prof. Le Roy Ladurie su serie francesi della Borgogna e del Bordeaux (Le Roy Ladurie, 1982).

Analoghi studi sono in corso in Italia, ad esempio nel territorio veneto, a opera del gruppo del prof. Borin in collaborazione con Arpa Veneto (Chiaudani et al., 2006).

RIASSUNTO

Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare l'interesse, da parte del mondo scientifico e accademico italiano, per la ricerca fenologica e di presentare un quadro dei campi di attività in cui questa disciplina può essere di rilevante contributo, esaminando ricerche che sono portate avanti in sede nazionale e regionale. Per quanto riguarda il primo punto sono state esaminate alcune banche dati scientifiche per rilevare il numero di pubblicazioni su riviste referenziate e il numero di progetti di ricerca che hanno affrontato problemi legati alla fenologia e alle sue applicazioni. Per quest'ultimo aspetto sono poi state analizzate alcune importanti ricerche in modo da offrire un quadro rappresentativo dei diversi settori applicativi.

ABSTRACT

The objectives of this study is to evaluate the interest on phenology and to present the share in other scientific fields by presenting researches carried out in Italy. We have analysed scientific databases to survey the number of publication on referenced journals and the number of research projects that confront phenology problems and applications. To offer a representative picture of different applicative sectors, we have analyzed some important researches.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN R. G. (a cura di) (1998): *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*, «FAO - Irrigation and drainage paper», 56, pp.300.
- BARBI A., CHIAUDANI A., DELILLO I., BORIN M., BERTI A. (2007): *Andamenti agroclimatici nella regione veneto nel periodo 1956-2004*, « Italian Journal of Agrometeorology», X, 1 supplemento, pp.14-15.
- BASSO B., CAMMARANO D., DE VITA P. (2004): *Indici di Vegetazione Telerilevati: Teoria ed Applicazioni per la Gestione Agronomica delle Colture*, «Rivista italiana di Agrometeorologia», VIII, 1, pp. 36-53.
- CHIAUDANI A., BARBI A., DELILLO I., CACCIATORI G., TRIDELLO G., BONAMANO A., BORIN M., COLA G., MARIANI L. (2006): *Analysis of a 49 years long meteorological historical data-sets for short term planning and multi-year planning of regional and local irrigation*, «atti convegno EMS», Lubiana.
- LE ROY LADURIE E. (1982): *Tempo di festa, tempo di carestia, storia del clima dall'anno 1000*, Einaudi, Torino, pp. 449.

- MARLETTO V., BOTARELLI L., VENTURA F., TRAINI S., GASPARI N. (2006): *Fenologia: quando la scienza incontra l'agricoltura*, «Agricoltura», XXXIV, 4, pp. 111-112.
- MORIONDO M., ORLANDINI S., DE NUNTIIS P., MANDRIOLI P. (2001): *Effect of agrometeorological parameters on the phenology of pollen emission and production of olive trees (Olea europea L.)*, «Aerobiologia», XVII, 3, pp. 225-232.
- NAKIĆENović N., DAVIDSON O., DAVIS G., GRÜBLER A., KRAM T., LEBRE LA ROVERERE E., METZ B., MORITA T., PEPPER W., PITCHER H., SANKOVSKI A., SHUKLA P., SWART R., WATSON R., DADI Z. (2000): *Emissions Scenarios* «Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», Cambridge University Press, Cambridge, pp. 570.
- PUPPI G., SPERANZA M. (1980): *La ricerca fenologica applicata alla cartografia della vegetazione*, in *La cartografia della vegetazione per la gestione del territorio* a cura di P. Testoni, CNR e RER, Bologna, pp. 107-127.
- PUPPI G., ZINONI F. (1999): *La fenologia in agricoltura*, in *Aspetti generali delle osservazioni agrofenologiche*, a cura di L. Botarelli, A. Brunetti, A. Pasquini, F. Zinoni, «Phenagri», 1, pp. 14-18.
- ROSSI V., RACCA P., GIOSUÈ S., PANCALDI D., ALBERTI I. (1997): *A simulation model for the development of brown rust epidemics in winter wheat*, «European Journal of Plant Pathology», 103, pp. 453-465.
- TORRIGIANI MALASPINA T., CECCHI L., MORABITO M., ONORARI M., DOMENEGHETTI M. P., ORLANDINI S.: *Influence of Meteorological Conditions on Male Flower Phenology of Cupressus Sempervirens and Correlation with Pollen Production in Florence*, «Trees-Structure and Function», in stampa.
- TORRIGIANI MALASPINA T., CECCHI L., MORBAITO M., ONORARI M., DOMENEGHETTI M. P., ORLANDINI S. (2007b): *Influence of meteorological conditions on male flower phenology of Cupressus sempervirens and correlation with pollen production in Florence*, «Trees», DOI: 10.1007/s00468-007-0143-1.
- TORRIGIANI MALASPINA T., MORIONDO M., CECCHI L., BINDI M., ORLANDINI S. (2007a): *The impact of climate change on Cupressaceae main pollen season in Central Italy*. «Atti del Symposium of the Pan-American Association of Aerobiology (abstract)», University Park, Pennsylvania.
- VENTURA F., TRAINI S., GASPARI N., ROSSI PISA P., MARLETTO V., ZINONI F. (2006): *La prima stazione agrofenologica italiana: Installazione e risultati preliminari*, «Rivista italiana di Agrometeorologia», X, 1, pp. 41-45.
- ZOIA D. (2004): *Vite e vino in Valtellina e Valchiavenna, La risorsa di una valle alpina*, ed. l'officina del libro, Sondrio, pp. 240.

