

LA PRIMA STAZIONE AGROFENOLOGICA ITALIANA: INSTALLAZIONE E RISULTATI PRELIMINARI (**)

THE FIRST ITALIAN AGRO-PHENOLOGICAL STATION: INSTALLATION AND PRELIMINARY RESULTS.

Francesca Ventura¹, Simon Traini¹, Nicola Gaspari¹, Paola Rossi Pisa¹,
Vittorio Marletto² e Franco Zinoni²

¹: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Università di Bologna, via Fanin 44, 40127 Bologna, tel. 051.2096240, fax 051.2096241.

²: ARPA Emilia-Romagna, Servizio IdroMeteorologico, viale Silvani 6, 40122 Bologna, tel. 051.6497564, fax 051.6497501.

(**) Ricerca effettuata nell'ambito della convenzione DiSTA – ARPA-SIM, finanziata dalla Regione Emilia-Romagna

Ricevuto 22 marzo 2005, accettato 23 marzo 2006

Riassunto

Lo sviluppo e la crescita delle colture erbacee e le interazioni tra atmosfera, suolo e pianta, in particolare per quanto riguarda il bilancio idrico, sono strettamente collegati alla situazione climatica e all'andamento meteorologico. Le rilevazioni agrofенologiche costituiscono un elemento essenziale da registrare per seguire lo sviluppo stagionale delle colture e, ove effettuate per periodi sufficientemente lunghi, anche per evidenziare variabilità climatiche persistenti.

Sulla base di queste considerazioni è stata recentemente allestita una stazione agrofенologica in località Cadriano (Bologna, 44° 33' 03" N, 11° 24' 36" E, 33 m s.l.m.) in prossimità della stazione agrometeorologica del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DISTA) della Facoltà di Agraria dell'Università di Bologna.

L'allestimento ha seguito le indicazioni fornite dal Progetto Finalizzato Mipaf "PHENAGRI: Fenologia per l'Agricoltura". Sono state scelte specie e varietà tra le più rappresentative di quelle coltivate nella zona. I rilievi fenologici vengono effettuati secondo il protocollo operativo Phenagri, utilizzando la scala fenologica BBCH (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie). I dati vengono registrati in un database e diffusi settimanalmente per mezzo del bollettino agrometeorologico dell'Emilia-Romagna (www.arpa.emr.it/sim).

In questa nota tecnica vengono anche presentati i risultati ottenuti su mais nei primi due anni di attività della stazione agrofенologica. In questo periodo la diversa situazione meteorologica delle due stagioni colturali ha dato origine a differenze sostanziali nelle date di comparsa delle principali fasi fenologiche

Parole chiave: fenologia, colture erbacee, gradi giorno, rilievi biometrici.

Abstract

Field crops growth and development, as well as soil-plant-atmosphere interactions, are strongly related with climate and meteorological conditions. Phenological observation can help the understanding of climatic changes and their effects on vegetation. In this framework an agro-phenological station was installed in Cadriano (Bologna, Italy, 44° 33' 03" N, 11° 24' 36" E, 33 m a.s.l.), next to the University of Bologna agrometeorological station, in order to evaluate the effect of climate and its changes on plant development. The species and cultivars selected and planted in the station are among the most common in the area. The phenological observations followed the procedures defined in the "PHENAGRI" Research Project, sponsored by the Italian Ministry of Agriculture. In this project the BBCH (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie) phenological scale was selected as a standard. Data are recorded in a database and diffused weekly by means of the agrometeorological bulletin of the Emilia-Romagna region (www.arpa.emr.it/sim). This paper presents the results obtained on maize in the first two years of activity of the agro-phenological station. In this period quite different meteorological seasons resulted in large differences in the dates of appearance of the main phases.

Keywords: phenology, field crops, degree days, biometric data.

Introduzione

Le piante sono organismi picilotermini molto sensibili al clima e ne rilevano le variazioni: se da un lato la distribuzione territoriale dei tipi vegetazionali evidenzia la presenza di zone o fasce bioclimatiche, e pertanto le specie vegetali possono essere considerate come indicatori climatici (Jackson e Overpeck, 2000, Menzel *et al.*, 2001), dall'altro il ritmo fenologico di singole specie è

strettamente dipendente anche dall'andamento meteorologico stagionale (Ventura *et al.*, 2002a). Ne deriva che cambiamenti climatici futuri potrebbero determinare modifiche sulla distribuzione spaziale delle specie naturali più sensibili e spostamenti temporali nella comparsa delle fenofasi dei vegetali, con possibili conseguenze sulla produttività delle colture e in generale sul paesaggio

(Bruns *et al.*, 2003). Una dettagliata conoscenza della fenologia delle piante coltivate permette di effettuare previsioni sulle ripercussioni di eventi meteorologici più o meno favorevoli, o di cambiamenti climatici, sulle colture agrarie e, di conseguenza, di definire le strategie di coltivazione più opportune considerando le reali potenzialità produttive (Gate, 1995).

Per questi motivi è stata installata presso l'Azienda Sperimentale del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DiSTA) della Facoltà di Agraria dell'Università di Bologna, in località Cadriano, una stazione per il monitoraggio fenologico di specie coltivate di interesse agronomico. Questo tipo di stazione non è molto comune per via dell'impegno pratico ed economico che richiede, anche se esistono alcuni precedenti come quello citato in Chmielewski e Koehn (1999). La scala fenologica di riferimento prescelta, secondo i suggerimenti del protocollo Phenagri (Botarelli *et al.*, 1999), è quella denominata BBCH (AA.VV., 1997). La BBCH è una scala centesimale ideata per codificare uniformemente stadi fenologici di sviluppo analoghi, osservabili sia in specie monocotiledoni che dicotiledoni. La sua struttura permette di racchiudere tutte le scale già esistenti; inoltre è possibile utilizzarla anche per tutte quelle specie per le quali attualmente non sono disponibili scale specifiche. Gli stadi fenologici vengono rappresentati da valori compresi tra 00 e 99, i quali descrivono sia lo stadio di sviluppo principale di un determinato momento del ciclo biologico della pianta, sia i corrispondenti stadi secondari, i quali variano a seconda della famiglia di appartenenza della coltura. Nel codice BBCH gli stadi principali sono rappresentati dalla decina, mentre gli stadi secondari sono rappresentati dall'unità.

La Stazione agrofenologica di Cadriano è stata attivata in collaborazione con il Servizio IdroMeteorologico di AR-PA Emilia-Romagna, su finanziamento della Regione Emilia-Romagna.

In questo lavoro la stazione agrofenologica verrà presentata nel dettaglio, verranno analizzate le osservazioni e discussi i risultati relativi alla coltura del mais, per le prime due annate di attività della stazione.

Materiali e metodi

Per ospitare la stazione agrofenologica, nel mese di marzo 2003 è stata predisposta un'area di 1500 m² all'interno dell'azienda Agricola Sperimentale della Facoltà di Agraria di Bologna a Cadriano. L'area selezionata è situata a 44°33'03" N, 11°24'36" E, ed a 33 m s.l.m. La zona è rappresentativa delle condizioni di clima e suolo della pianura bolognese. L'appezzamento ha una sistemazione idraulica agraria tipica della zona (sistemazione alla ferrarese), con appezzamenti stretti (30-50 m) e lunghi (100-500 m), con una lieve pendenza verso i lati lunghi, dove sono situate le scoline di sgrondo delle acque. La stazione agrofenologica è posta a lato di quella agrometeorologica aziendale. Quest'ultima ha dimensioni 30 x 40 m², è coperta da un prato polifita permanente ed è circondata da una rete metallica. Gli strumenti presenti sono: pluviometro, termometro, igrometro, solarimetro, anemometro a coppe rotanti, evaporimetro di classe A, piranometro, eliofanografo. Gli strumenti elettronici sono

collegati ad un data-logger e registrano i dati con cadenza oraria, quelli meccanici vengono controllati settimanalmente. Sono rilevati con continuità anche dati di profondità della falda ipodermica, fino a 3 m di profondità.

Il terreno della stazione agrofenologica presenta una granulometria intermedia (sabbia 44%, limo 20%, argilla 36%, C.I.C. 0,25, P.A. 0,14), con una falda piuttosto superficiale che nel 2003 ha oscillato tra -0,5 m in aprile e -2,4 m in agosto e l'anno successivo tra -0,4 m in aprile e -2,2 m in settembre.

Le colture erbacee messe a dimora nella stazione sono state scelte sulla base delle varietà più coltivate a pieno campo in Emilia-Romagna. Sono state seminate in parcelle isolate tra loro e sottoposte alle normali pratiche colturali, seguendo i disciplinari di produzione integrata tipici della zona. Nel corso del primo anno di prova sono state studiate le colture di mais (cv Cecilia, classe 500 FAO), patata (cv Primura), soia (cv Sapporo, seme non trattato) e girasole (cv Proleic).

I rilievi fenologici sono stati eseguiti con cadenze regolate secondo il protocollo operativo definito dal Progetto Finalizzato Phenagri (Bernati *et al.*, 1999; Marletto, 1999; Puppi e Zinoni, 1999).

Nel secondo anno il progetto si è presentato più articolato, con un numero di colture maggiore, in modo da prendere in considerazione il ciclo colturale di specie micro e macrotermiche. Sono stati rilevati gli stadi fenologici di quattro cereali vernini (frumento tenero cv Mieti, frumento duro cv Duilio, avena cv Argentina, orzo cv Federal) e sette colture primaverili-estive (patata cv Primura, barbabietola da zucchero cv Canaria, girasole cv Kristal, mais cv PR34N43 (classe 500 FAO), pomodoro cv Four Nano, soia cv Hilario e sorgo cv Aralba).

Le colture sono disposte in parcelle lunghe e strette, che constano di un numero di file indicato dal protocollo Phenagri per ciascuna coltura. La loro larghezza è dunque tipica della coltura. La disposizione relativa delle colture nella stazione è fatta in modo da minimizzare gli effetti di ombreggiamento e le altre possibili interazioni (fig. 1).

Le semine sono state eseguite in un'epoca media per ogni coltura, seguendo in linea di massima le normali semine della zona. In particolare il mais è stato seminato il 16 aprile 2003 (primo anno), e il 31 marzo 2004 (secondo anno).

Per le graminacee autunnali la semina è stata effettuata a macchina con seminatrice sperimentale. Per ogni coltura primaverile la semina è stata fatta a mano a postarella, ponendo un solo seme (o tubero) per postazione.

Il terreno è stato lavorato in eguale modo per tutte le colture in prova. Le parcelle sono state concimate secondo le indicazioni dei disciplinari di produzione integrata della Regione Emilia-Romagna (www.ermesagricoltura.it). Le condizioni idriche del terreno sono state mantenute ottimali; nei casi in cui l'umidità del terreno era insufficiente, risultando di ostacolo alla germinazione del seme e/o all'emergenza della coltura, si è provveduto all'irrigazione per favorire una rapida ed omogenea emergenza e il successivo sviluppo delle piante. Sono stati effettuati anche interventi irrigui successivi, complessivamente nel caso del mais sei interventi nel primo anno e otto nel secondo.

Il controllo delle malerbe è avvenuto con semplici scerbature manuali all'emergenza delle infestanti, in modo da impedire eventuali competizioni ecofisiologiche o successivi danni causati dall'estirpazione della malerba stessa.

Oltre ai rilievi fenologici, sulle colture sono stati eseguiti anche rilievi biometrico-produttivi di fine ciclo. I campioni sono stati presi sulle file centrali, per il numero di piante indicato dal citato protocollo Phenagri. Nel caso del mais vengono analizzate sei piante campione, scelte all'interno della fila centrale; la distanza tra le file è di 0,70 m mentre sulla fila è circa 0,17 m, in modo da garantire condizioni ecobiologiche simili al pieno campo. I rilievi fenologici sono stati effettuati settimanalmente, seguendo la scala BBCH per tutte le colture presenti nella stazione. Per registrare i dati è stato realizzato un database MS-Access contenente la descrizione della scala, un'opportuna maschera di inserimento, costruita per ridurre al minimo gli errori di digitazione, e un rapporto fenologico, necessario per il controllo complessivo dei dati inseriti. I dati rilevati in campo sono stati regolarmente verificati da persone diverse da quelle incaricate del rilievo e questo ha consentito la tempestiva eliminazione di alcune registrazioni non corrette e la soluzione di alcuni problemi di interpretazione della scala sorti in corso d'opera.

Sul mais, a partire dalla senescenza delle setole, sono state prelevate 3 spighe per misurare ogni 10 giorni l'umidità delle cariossidi fino al raggiungimento del 25%; sul prodotto in raccolta, a maturazione commerciale, è stata misurata la produzione di sostanza secca della pianta, il peso e l'umidità delle cariossidi. Il mais è stato raccolto il 29 agosto nel primo anno, e il 7 settembre nel secondo.

Durante i rilievi settimanali sono state scattate fotografie di ogni specie, in modo da documentarne lo sviluppo ed ottenere anche una banca dati fotografica per seguire visivamente le fasi fenologiche delle specie stesse.

Con i dati termici rilevati nella stazione agrometeorologica sono state calcolate le sommatorie termiche con soglia 10 °C, nel tentativo di stabilire e verificare le relazioni quantitative tra le condizioni termiche e lo sviluppo fenologico del mais.

Le osservazioni sono state usate anche per convalidare il modello fenologico utilizzato operativamente presso ARPA-SIM per la redazione del bollettino agrometeorologico settimanale (Grant, 1989; Nerozzi *et al.*, 1998).

Risultati

Le due annate colturali considerate sono risultate sostanzialmente diverse dal punto di vista termico, come si evidenzia dal grafico di Fig. 2. Il grafico riporta anche, per confronto, la temperatura media giornaliera nel trentennio 1961 – 1990 (media climatologica) rilevata nella stessa stazione (Ventura *et al.*, 2002b). Sia il 2003 che il 2004 presentano rilevanti anomalie positive rispetto alla climatologia. In particolare nel 2003 la temperatura dell'aria è stata molto al di sopra della media, soprattutto nella parte centrale della stagione colturale del mais. Le precipitazioni nelle due annate hanno invece totalizzato

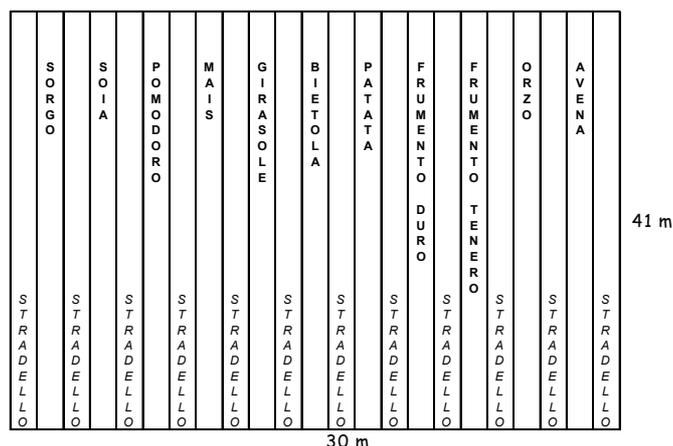


Fig. 1 - a: schema della disposizione delle colture nella stazione agrofienologica di Cadriano;

b: panoramica della stazione agrofienologica.

Fig. 1 - a: Cadriano agro-phenological station map;
b: view of the station.

valori simili (138 mm nel 2003, 145 mm nel 2004, sempre per la stagione colturale del mais), ma con distribuzione temporale piuttosto diversa. Il 2003 presenta una distribuzione delle piogge simile alla media climatologica, mentre il 2004 si mostra piuttosto asciutto nella prima parte della stagione, e alquanto piovoso da metà luglio in poi. Questa diversità ha influenzato le quantità di acqua restituite per irrigazione, che sono state di 116 mm nel primo anno e di 174 mm nel secondo.

L'effetto della diversità meteorologica tra le due annate è evidente anche nei risultati dei rilievi fenologici e biometrici, come evidenziato in Tab.1. L'analisi dell'andamento fenologico del mais nel 2003, con una stagione estiva particolarmente siccitosa, evidenzia un accorciamento del tempo necessario alle piante per il raggiungimento di tutti gli stadi fenologici, se confrontata con gli stessi dati rilevati nel 2004. Analizziamo ad esempio le due fasi di fioritura e maturazione cerosa. Nel 2003 la fioritura (BBCH 65) viene rilevata il 28 giugno, 73 giorni dopo la semina, con somma termica di 821 °D. Nel 2004 la stessa fase viene rilevata il 5 luglio, 96 giorni dopo la semina, con somma termica di 697 °D (Figura 3), con un ritardo di 7 giorni in termini assoluti e di 23 giorni dalla data di semina.

Tab. 1 - Date di osservazione di alcune fasi fenologiche principali del mais nelle due annate 2003 e 2004. Sono indicati i codici BBCH, la loro descrizione e i giorni dalla semina (DAS) nelle due annate.

Tab. 1 - *Dates of appearance of some of the main phenological phases of maize in the years 2003 and 2004. BBCH codes with their descriptions and Days After Sowing are also indicated.*

BBCH	Mais 2003	DAS	Mais 2004	DAS	FASE FENOLOGICA
0	16/04/2003	0	31/03/2004	0	Semina : Seme secco (cariosside disidratata)
32	03/06/2003	48	08/06/2004	69	Inizio dell'allungamento del fusticino - 2 nodi distinguibili
65	28/06/2003	73	05/07/2004	96	Infiorescenza maschile: le parti superiore ed inferiore del pennacchio sono in fioritura. Infiorescenza femminile: gli stigmi sono emersi completamente
73	10/07/2003	85	19/07/2004	110	Inizio maturazione lattea
83	26/07/2003	101	02/08/2004	124	Inizio maturazione cerosa: pasta della cariosside morbida, circa 45% di sostanza secca
85	30/07/2003	105	13/08/2004	135	Piena maturazione cerosa: pasta di color bianco-giallastro (circa il 55% di sostanza secca)
97	20/08/2003	126	02/09/2004	155	Morte della pianta e spiga ribassata
99	28/08/2003	134	07/09/2004	160	Raccolta

L'importante fase della maturazione cerosa, BBCH 85, viene raggiunta dal mais classe 500 quando la sommatoria termica è pari a circa 1327 °D nel 2003 e 1257 °D nel 2004. Ciò che si evidenzia graficamente in Figura 4 è come il divario in giorni tra il raggiungimento della piena maturazione cerosa nelle due annate sia aumentato rispetto agli stadi fenologici precedenti: nel 2003 la maturazione cerosa era stata registrata il 30 luglio, l'anno successivo il 13 agosto, con un ritardo complessivo di 14 giorni in termini assoluti e di 30 dalla data di semina. Dalle Figure 3 e 4 si vede anche che le sommatorie dei gradi giorno ottenute dalla media climatologica sono in buon accordo con la sommatoria dell'anno 2004, mentre differiscono sensibilmente da quella del 2003.

Alla raccolta le rese nei due anni sono risultate di 15.2 t ha⁻¹ nel 2003 e 17.9 t ha⁻¹ nel 2004. Questa differenza produttiva è verosimilmente imputabile alla diversa durata del ciclo colturale nelle due annate.

Le osservazioni fenologiche effettuate su mais a Cadriano negli anni 2003 e 2004, sono state messe a confronto con quanto simulato da ARPA - SIM per mezzo del citato modello fenologico operativo, che ha una sua scala numerica continua nella quale 1 è la semina, 2 l'emergenza, 3 il viraggio apicale, 4 è la fioritura femminile e 5 la maturazione cerosa. Il confronto è possibile solo per le fasi BBCH 65 e 85, sostanzialmente equivalenti agli stadi modellistici 4 e 5 perché l'emergenza non è stata osservata in campo in modo univoco nei due anni e il viraggio apicale non fa parte della scala BBCH.

Complessivamente l'errore quadratico medio tra simulazioni e osservazioni è di 9 giorni: per la fioritura c'è uno scarto coerente tra i due anni (il modello è in anticipo di 6 e 12 giorni risp. nel 2003 e nel 2004) mentre la maturazione cerosa appare ritardata nel 2003 e coincidente nel 2004 (Tabella 2). Va detto comunque che i dati meteorologici

utilizzati dal modello non si riferiscono a Cadriano e sono relativi a due stazioni diverse per i due anni esaminati (rispettivamente Casola Canina nel 2003 e Imola Mario Neri nel 2004), questo per motivi legati alla situazione di effettiva disponibilità completa dei dati stazione presso ARPA-SIM nei due anni esaminati.

Conclusioni

A partire dalla primavera del 2003, presso l'Azienda Sperimentale del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DISTA) della Facoltà di Agraria dell'Università di Bologna in località Cadriano (BO) è stata realizzata, secondo i dettami del protocollo Phenagri, una stazione per il monitoraggio della fenologia di specie coltivate di interesse agronomico.

I primi dati rilevati sul mais (classe 500), a parità di interventi agronomici, hanno consentito di quantificare l'anticipo stagionale delle fasi fenologiche nel 2003 nei confronti del 2004, in parallelo alla notevole diversità climatica delle due annate, e di stabilire in via preliminare che le fasi di fioritura (BBCH 65) e di maturazione cerosa (BBCH 85) delle varietà utilizzate in stazione presentano rispettivamente valori medi di circa 760 e 1290 °D calcolati con soglia termica di 10 °C. Le osservazioni hanno anche mostrato la necessità di una verifica ulteriore del modello fenologico operativo di ARPA-SIM, da effettuarsi quando saranno disponibili dati relativi a un congruo numero di annate.

Il monitoraggio diretto delle specie agronomiche in campo è proseguito negli anni successivi e continuerà in futuro, permettendo la creazione di un database fenologico standardizzato secondo la scala BBCH, che, affiancandosi alle tradizionali rilevazioni agrometeorologiche, consente di apprezzare l'influenza diretta della variabilità climatica sulla fenologia delle colture agrarie.

Scala	Fase	2003	2004
modello	4	67	84
	5	117	135
BBCH	65	73	96
	85	105	135

Tab. 2 – Raffronto in giorni dalla semina tra modello fenologico e dati osservati, basato sulla sostanziale equivalenza tra lo stadio BBCH 65 e lo stadio modellistico 4 (fioritura femminile) e tra lo stadio BBCH 85 e quello modellistico 5 (maturazione cerosa).

Tab. 2 – *Comparison, in DAS, between model output and observations, based on the substantial equivalence between the BBCH 65 stage and model stage 4 (female flowering) and equivalence between the BBCH 85 stage and model stage 5 (dough maturity).*

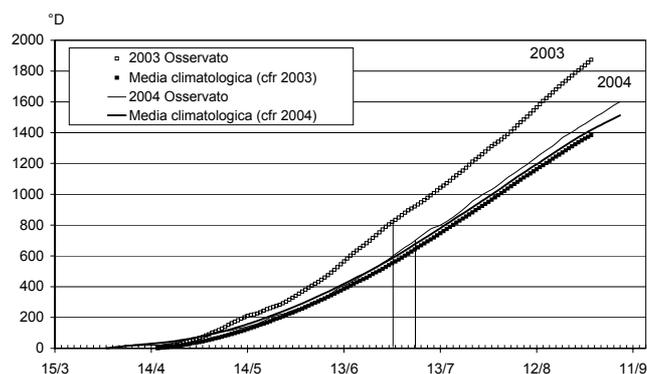


Fig. 3 - Sommatorie termiche con soglia 10 °C a Cadriano (BO) nelle stagioni maidicole 2003 e 2004 a partire dalle rispettive date di semina, a confronto con le rispettive medie climatologiche. Nel grafico è indicata anche la comparsa della fase fenologica BBCH 65 (fioritura), con una differenza di 7 giorni tra i due anni.

Fig. 3 - Cumulated degreedays in the maize seasons at Cadriano (BO) in the years 2003 and 2004 computed from the sowing dates and compared with their respective climatological means. The graph shows the appearance of the phenological phase BBCH 65 (flowering), and the 7 days difference between the two years.

Ringraziamenti

Ringraziamo per la preziosa collaborazione in fase di progettazione e realizzazione della stazione il dott. Lucio Botarelli di ARPA Emilia-Romagna. Ringraziamo altresì il dott. Nicola Laruccia della Regione Emilia-Romagna per l'assistenza fornita nella realizzazione del database fenologico e il dott. Mirco Guarise per i rilievi di campagna dell'anno 2003.

Bibliografia

- AA.VV., 1997. *Extended BBCH scale - Compendium of growth stage identification keys for mono and dicotyledonous plants*. BBCH publications, 2nd edition 1997, pp 130.
- Bernati, E., Botarelli, L., Cosentino, S., Ferraresi, A., Nieddu, G., Sirca, C., 1999. *La conduzione agronomica ed il rilevamento agrofienologico nelle prove sperimentali*. In: Botarelli et al. (eds.). *Aspetti generali delle osservazioni agrofienologiche*. Collana di Agrofienologia, volume 1, Progetto finalizzato MiPAF PHENAGRI, Roma, 48-64.
- Botarelli, L., Brunetti, A., Pasquini, A., Zinoni, F. (a cura di), 1999. *Aspetti generali delle osservazioni agrofienologiche*. Collana di Agrofienologia, MiPAF, P.F. Phenagri, Fenologia per l'Agricoltura. Vol. 1, pp 110.
- Bruns, E., Chmielewski, F.-M., van Vliet, A.J.H., 2003. *The Global Phenological Monitoring concept*. In: Schwartz, M.D. (Ed.). *Phenology: an integrative environmental science*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp 93-104.

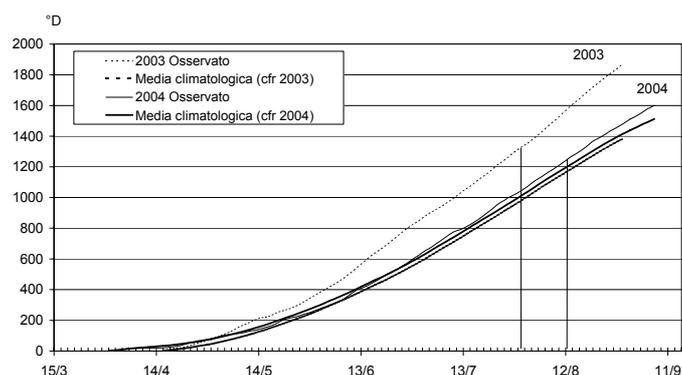


Fig. 4 - Sommatorie termiche con soglia 10 °C a Cadriano (BO) nelle stagioni maidicole 2003 e 2004 a partire dalle rispettive date di semina, a confronto con le rispettive medie climatologiche. Nel grafico è indicata anche la comparsa della fase fenologica BBCH 85 (maturazione cerosa), con una differenza di 14 giorni tra i due anni.

Fig. 4 - Cumulated degreedays in the maize seasons at Cadriano (BO) in the years 2003 and 2004 computed from the sowing dates and compared with their respective climatological means. The graph shows the appearance of the phenological phase BBCH 85 (dough maturity), and the 14 days difference between the two years.

- Chmielewski F.-M., W. Koehn, 1999. *The long-term agrometeorological field experiment at Berlin-Dahlem, Germany*. *Agric. For. Meteorol.* 96:39-48.
- Gate, P., 1995. *Ecophysiology du blé*. Tec e Doc, Lavoisier, ITCF. pp 429.
- Grant, R. F., 1989. *Simulation of maize phenology*. *Agronomy Journal*, 81, 451-457.
- Jackson, S.T., Overpeck, J.T., 2000. *Responses of Plant Populations and Communities to Environmental Changes of the Late Quaternary*. *Paleobiology* 26, 4, 194-220
- Marletto, V., 1999. *Fenologia vegetale*. In "Aspetti generali delle osservazioni agrofienologiche" a cura di A. Brunetti e F. Zinoni. Progetto finalizzato PHENAGRI. Roma, Volume 1, 7-13.
- Menzel, A., Estrella, N. e Fabian, P., 2001. *Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996*. *Global Change Biology*, 7, 6, 657-666.
- Nerozzi, F., Zinoni, F., Marletto, V., 1998. *Calibrazione e validazione di due modelli fenologici operativi per il frumento e per il mais in Emilia-Romagna*. *Riv. Agronomia*, 32, 112-123.
- Puppi G., Zinoni F., 1999 - *La fenologia in agricoltura*. In: "Aspetti generali delle osservazioni agrofienologiche" a cura di Botarelli et al. Collana di Agrofienologia, MiPAF, P.F. Phenagri. Vol. 1, 14-18.
- Ventura, F., Nistri, A., Marotti, M., Toderi, G., Rossi Pisa, P., 2002a. *Effects of air temperature changes on growth and productivity of winter wheat (Triticum aestivum L.) from 1972 to 1999*. *Proceedings of the First Italian IGBP Conference, "Mediterraneo e Italia nel cambiamento globale: un ponte fra scienza e società"*, 14-16/11/2002, Paestum (SA), 107-110.
- Ventura, F., Rossi Pisa, P., Ardizzoni, E., 2002b. *Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999*. *Atmospheric Research*, 61, 203-214.