

## EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO EUROPEO SULLE EPOCHE DI VENDEMMIA IN ABRUZZO

**B. Di Lena<sup>(1),(2)</sup>, L. Mariani<sup>(3)</sup>, F. Antenucci<sup>(2)</sup>, O. Silvestroni<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Dip. Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali, Università Politecnica delle Marche, Via Brecce bianche, 60131 Ancona.*

<sup>(2)</sup>*Regione Abruzzo – Arssa - Centro Agrometeorologico Regionale, C.da Colle Comune, 66020 Scerni (Chieti).*

<sup>(3)</sup>*Università di Milano- Dipartimento di Produzione Vegetale, Via Celoria, Milano*

### Riassunto

I dati termo-pluviometrici del periodo 1971-2009 registrati da alcune stazioni della regione Abruzzo sono stati analizzati adottando alcuni semplici indici climatici e bioclimatici. E' stato valutato il verificarsi di cambiamenti climatici così come le loro ripercussioni sulle date di inizio vendemmia. La data di vendemmia è risultata significativamente influenzata dalle disponibilità termiche e in particolare dalle Ore Normali di Caldo (NHH) cumulate nel periodo marzo-giugno. L'analisi statistica dei trend temporali dell' accumulo di NHH in marzo-giugno ha individuato una discontinuità climatica che ricade nel 1984 per la collina litoranea centrale, nel 1997 per la collina litoranea meridionale e nel 1998 per la collina interna del pescarese. Questi punti di discontinuità sono risultati in buon accordo con i punti di discontinuità delle date di inizio raccolta e possono pertanto rappresentare lo spartiacque tra la precedente e l'attuale fase climatica. Quest'ultima si caratterizza per un anticipo della data di raccolta rispettivamente di 10 giorni per la collina litoranea meridionale, 15 per la collina litoranea centrale e 14 per la collina interna.

### Parole chiave

Vitis vinifera, fenologia, ore normali di caldo

### Abstract

Thermo-pluviometric data registered in the period 1971-2009 by three hillside stations of the Abruzzi located in maritime areas (central and southern part of the region) and in the internal zone were analyzed adopting some simple climatic and bioclimatic indices. Occurrence of climate change was evaluated as well as its influence on harvest dates. Harvest dates were significantly influenced by thermal availability, mainly when it was measured by Normal Heat Hours referred to the period March-June (NHH march-june). The statistical analysis of the temporal trends of NHH march-june has identified change-points occurred in a lapse of time from 1984 to 1998. The first abrupt change happened in central maritime area (1984), followed in 1997 and 1998 seasons by change-points respectively registered in southern maritime area in the internal zone. These NHH march-june break-points were in a good relationship with harvest date break-points and seem to well represent the watershed between the previous and the current climatic phase. This latter is characterized by an advance in harvest date around 10 days in southern maritime area and averaging 14-15 days in central maritime area and internal zone.

### Key-words

Vitis vinifera, climate change, harvest date

## Introduzione

Le recenti annate caratterizzate da siccità primaverile-estiva hanno alimentato il dibattito sui probabili impatti dei cambiamenti climatici in specifici areali viticoli e molto interesse è stato rivolto alle loro possibili ripercussioni sulla fenologia della vite e sulle date di vendemmia. Riteniamo che un tale dibattito non possa prescindere dagli aspetti di scala in virtù dei quali i cambiamenti climatici a livello di macroclima, che nelle medie latitudini del pianeta sono di norma il frutto di riconfigurazioni nella circolazione generale, si propagano al mesoclima (clima di areali viticoli relativamente ampi) e da questo al microclima (clima del singolo vigneto). Da questo angolo di visuale un elemento cruciale per la viticoltura europea è rappresentato dal brusco cambiamento climatico dovuto al mutato regime del grande vortice polare e di conseguenza delle grandi correnti occidentali (westerlies) che ha interessato le medie latitudini dell'emisfero boreale negli anni '80 del 20° secolo (Werner et al., 2000) e che per l'areale europeo viene efficacemente descritto dal comportamento della NAO (North Atlantic Oscillation), indice circolatorio a macroscale che dal 1981 manifesta una sensibile anomalia positiva (Mariani, 2008). Le più immediate conseguenze a livello europeo di tale brusco cambiamento climatico sono state l'affievolirsi dell'apporto invernale di masse d'aria polare continentale (PC, la gelida aria siberiana) e l'aumentato apporto di masse d'aria subtropicale marittima (STm).

Da tali fenomeni è disceso un aumento delle temperature medie annue di circa 0,5-1°C nelle parti più settentrionali dell'areale viticolo europeo (tipo Cfb di Koeppen) e di 1-1,5°C nelle parti più meridionali dello stesso (tipo Csa di Koeppen). Meno univoci sono invece da considerare gli effetti sul quadro pluviometrico, anche se è noto che le fasi a NAO positivo si caratterizzano per una maggiore aridità negli areali a clima Csa (Trouet et al., 2009). Fra le conseguenze più evidenti di tali fenomeni rientra l'anticipo di 6-25 giorni delle principali fasi fenologiche della vite (fioritura, invaiatura e vendemmia) segnalato da Jones et al. (2005) per alcuni vitigni coltivati in diversi siti. Per cogliere le modalità con cui il cambiamento climatico europeo degli anni '80 si è manifestato nelle diverse aree viticole italiane in è necessario spingere l'analisi fino alla mesoscale, considerando singolarmente territori non molto estesi, come quello dell'Abruzzo, una regione ad orografia complessa dove la viticoltura è diffusa sia nella zona della collina litoranea che in quella della collina interna. Per questa Regione, l'analisi di alcuni indici statistici e bioclimatici ricavati da serie storiche di dati termo-pluviometrici giornalieri del periodo 1965-2007, ha evidenziato, durante il ciclo vegetativo, una diminuzione delle precipitazioni nella fascia costiera e un aumento delle temperature nelle aree interne (Silvestroni et al., 2008). La stessa indagine ha evidenziato lungo la fascia collinare litoranea un aumento dell'indice di Huglin nel decennio antecedente al 2007.

Alla luce di questi presupposti il presente lavoro è stato mirato a cogliere gli effetti del cambiamento climatico sulle date di inizio vendemmia, analizzando in particolare le informazioni provenienti dai registri di tre importanti cantine abruzzesi e riferite al periodo 1974-2009 con lo scopo di porre in luce:

- le relazioni tra date di inizio vendemmia della cv. Montepulciano e alcuni indici climatici e bioclimatici ricavati da serie storiche di dati termo-pluviometrici.
- l'eventuale presenza di discontinuità nelle serie storiche delle date di inizio vendemmia ("change points") e degli indici bioclimatici applicando opportune metodologie statistiche (Bai e Perron, 1998 e 2003).

## Materiali e Metodi

Lo studio delle serie storiche di date di inizio vendemmia della cv. Montepulciano nella Regione Abruzzo, è stato effettuato utilizzando le informazioni ricavate dai registri delle cantine di Scerni, Vacri e Loreto Aprutino. Per le prime due, localizzate rispettivamente nella collina litoranea meridionale e centrale della provincia di Chieti, è stato considerato il periodo 1974-2009, mentre per l'ultima localizzata nella collina interna della provincia di Pescara è stato analizzato il periodo 1977-2009 (Fig.1).



Fig.1 – Localizzazione degli areali oggetto dello studio  
 ○ Stazione meteorologica □ Cantina

La valutazione delle relazioni esistenti fra indici climatici e bioclimatici da un lato, e serie storiche delle date di inizio vendemmia dall'altro, è stata effettuata utilizzando i dati termo-pluviometrici giornalieri del Servizio Idrografico Regionale.

Il data set era composto dai valori delle temperature massime e minime e delle precipitazioni giornaliere. La temperatura media giornaliera è stata ottenuta facendo la semisomma dei valori delle temperature massime e minime.

Prima di procedere ai normali controlli di consistenza interna e persistenza temporale delle serie storiche sono state verificate le informazioni sulle stazioni di rilevamento, che non hanno subito, nel periodo considerato, modifiche tecniche e di posizione tali da inficiare l'attendibilità dei dati rilevati.

In particolare per la collina litoranea meridionale sono stati impiegati i dati della stazione di Scerni, per la collina litoranea centrale quelli di Chieti, e per la collina interna quelli di Penne (Fig. 1)

Nel periodo aprile ottobre sono stati determinati: la temperatura media (ottenuta facendo la media dei valori medi giornalieri), il numero di giorni con temperature massime superiori a 30°C, le precipitazioni totali e la media delle escursioni termiche giornaliere (espresse come differenza fra temperature massime e minime).

Nel periodo aprile settembre sono stati determinati per le tre località i tre indici proposti da Tonietto e Carbonneau (2004) per la classificazione degli areali viticoli secondo un approccio multicriteriale: Indice eliotermico di Huglin, Indice di Freschezza della notte (media delle temperature minime del mese di settembre) e Indice di Siccità (stima della disponibilità potenziale di acqua nel suolo). Nello stesso periodo sono state determinate anche le ore normali di caldo (NHH) e la sommatoria delle temperature attive considerando quale soglia termica 10°C. Le NHH hanno consentito di valutare quantitativamente l'efficacia di ore trascorse a temperature diverse, evidenziando l'accumulo complessivo di risorse termiche utili per il processo indagato. Il valore della funzione normalizzata è pari a 0 sia con valori termici inferiori a 7°C (Cardinale minimo -  $C_{min}$ ) che maggiori di 35°C (Cardinale massimo -

$C_{max}$ ) mentre è pari a 1 se la temperatura assume il valore ottimale di 26°C (Cardinale ottimale -  $C_{opt}$ ). L'equazione adottata è quella descritta da Wang e Engel (1998):

$$F_{vn}(T) = (2(T - C_{min})^\alpha * (C_{opt} - C_{min})^\alpha * (T - C_{min})^2) / (C_{opt} - C_{min})$$

se  $T_{min} \leq T \leq T_{max}$  e  $F_{vn}(T) = 0$  se  $T < C_{min}$  e  $T > C_{max}$

ove:  $\alpha = \ln(2 / \ln((C_{max} - C_{min}) / (C_{opt} - C_{min})))$

Ai fini del calcolo delle NHH, le temperature orarie sono state ottenute dalle temperature massime e minime applicando l'algoritmo di Parton e Logan (1981). Per il mese di settembre, assunto come periodo di pre-vendemmia, sono state inoltre calcolate le precipitazioni totali e la media delle escursioni termiche giornaliere.

Le relazioni tra le serie storiche delle date di inizio vendemmia (espresse come numero di giorni a decorrere dal 1 aprile) e gli indici climatici e bioclimatici sono state determinate con l'approccio statistico della regressione lineare semplice.

La presenza di discontinuità nell'andamento delle serie storiche (Todaro e Migliardi, 2000, 2003 e 2004) è stata indagata utilizzando l'algoritmo di analisi di "change point", presente nella libreria Strucchange del software R - <http://www.r-project.org> (Bai e Perron, 1998 e 2003).

## Risultati e discussione

La caratterizzazione climatica, basata sui valori medi degli indici climatici e bioclimatici, ha mostrato una elevata similarità delle località di Scerni e Chieti, situate rispettivamente nella collina litoranea meridionale e centrale dell'Abruzzo. La località di Penne, situata nella collina interna, si è distinta dalle altre per la maggiore entità delle precipitazioni, per i valori più contenuti delle temperature medie, della sommatoria delle temperature attive, delle ore normali di caldo e dell'Indice di Huglin. In questo areale si sono riscontrate anche minori condizioni di siccità (Tab.1).

Tab. 1 Statistiche descrittive degli indici climatici e bioclimatici.

INDICI CLIMATICI E BIOCLIMATICI	Collina litoranea meridionale <i>Scerni</i>		Collina litoranea centrale <i>Chieti</i>		Collina interna <i>Penne</i>	
	media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
<b>aprile-ottobre</b>						
<i>Temperatura media (°C)</i>	19,9	0,8	20,1	0,7	19,6	0,8
<i>Numero giorni Tmax &gt; 30°C</i>	28,8	15,5	34,3	14,8	30,6	13,4
<i>Precipitazioni totali (mm.)</i>	378	127,7	385	122,0	477	115,4
<i>Media escursioni termiche giornaliere (°C)</i>	8,0	1,0	8,3	1,3	8,4	0,8
<b>aprile-settembre</b>						
<i>Indice di Huglin</i>	2364	187,2	2423	179,2	2322	190,3
<i>Indice di Siccità (mm.)</i>	-120	44,1	-121	49,5	-85	44,7
<i>Indice di Freschezza della notte (°C)</i>	16,7	1,4	16,8	1,4	15,9	1,4
<i>Ore normali di caldo</i>	3038	159,1	3045	119,1	2941	144,4
<i>Sommatoria temperature attive</i>	1924	169,0	1972	140,9	1868	163,8
<b>settembre</b>						
<i>Media escursioni termiche giornaliere (°C)</i>	7,9	1,2	8,1	1,5	8,6	0,9
<i>Percipitazioni totali (mm.)</i>	59	40,9	61	38,9	68	42,8

L'analisi delle serie storiche delle date di inizio vendemmia della cv. Montepulciano, eseguita con l'approccio della regressione lineare semplice (Tab.2), ha portato a stimare un progressivo sensibile anticipo di questa operazione colturale, che nell'arco di 35 anni, si sarebbe attestato attorno a 16-18 giorni nella collina litoranea, valore del tutto analogo a quello calcolato per Loreto Aprutino, situato nella collina interna.

Gli effetti del cambiamento climatico sulle date di inizio vendemmia sono stati indagati ricorrendo nuovamente allo studio della regressione lineare semplice con gli indici climatici e bioclimatici già riportati in Tabella 1. Le date di inizio vendemmia sono risultate significativamente correlate, in tutti i tre areali, con le temperature medie del periodo aprile-ottobre, l'Indice di Huglin, la sommatoria delle temperature attive e le ore normali di caldo. I coefficienti angolari negativi evidenziano che all'aumento degli indici suddetti ha fatto riscontro un anticipo della data di inizio vendemmia (Tab.3).

Tab. 2 Serie storiche di date di inizio vendemmia della cv. Montepulciano. Coefficienti angolari delle rette di regressione ( $\beta$ ) e loro significatività. (\*\* =  $P \leq 0.01$ )

Areale	Periodo	$\beta$	Anticipo in giorni
Collina litoranea meridionale (Scerni)	1974-2009	-0.52 **	18
Collina litoranea centrale (Vacri)	1974-2009	-0.46 **	16
Collina interna (Loreto Aprutino)	1977-2009	-0.56 **	17

Tab. 3 Relazioni tra gli indici climatici e bioclimatici e le date di inizio vendemmia. Coefficienti angolari delle rette di regressione ( $\beta$ ) e coefficienti di determinazione ( $R^2$ ). (ns = non significativo; \* =  $P \leq 0.05$ ; \*\* =  $P \leq 0.01$ ),.

Variabile X (indici climatici e bioclimatici)	Variabile Y (data inizio vendemmia)					
	Collina litoranea meridionale Scerni		Collina litoranea centrale Vacri		Collina interna Loreto Aprutino	
	$\beta$	$R^2$	$\beta$	$R^2$	$\beta$	$R^2$
<b>aprile-ottobre</b>						
Temperatura media (°C)	-5,73 **	0,35	-5,40 **	0,27	-6,64 **	0,32
Numero giorni Tmax >30°C	-0,12 ns	0,06	-0,21 *	0,16	-0,35 **	0,22
Precipitazioni totali (mm.)	0,01 ns	0,02	0,02 *	0,12	0,03 *	0,17
Media escursioni termiche giornaliere (°C)	2,89 *	0,12	-1,69 ns	0,01	-1,10 ns	0,01
<b>aprile-settembre</b>						
Indice di Huglin	-0,02 **	0,22	-0,02 **	0,30	-0,03 **	0,27
Indice di Siccità (mm.)	0,04 ns	0,05	0,04 ns	0,07	0,07 ns	0,11
Indice di Freschezza della notte	-1,47 ns	0,07	0,93 ns	0,03	1,24 ns	0,03
Ore normali di caldo (NHH)	-0,04 **	0,56	-0,03 **	0,29	-0,03 **	0,23
Sommatoria temperature attive	-0,03 **	0,36	-0,03 **	0,29	-0,03 **	0,31
<b>settembre</b>						
Media escursioni termiche giornaliere (°C)	2,97 **	0,20	-1,15 ns	0,05	-0,45 ns	0,01
Percipitazioni totali (mm.)	-0,03 ns	0,03	-0,02 ns	0,01	0,03 ns	0,01
<b>ore normali di caldo (NHH) parziali</b>						
Marzo-Aprile	-0,04 **	0,19	-0,04 **	0,20	-0,05 **	0,23
Marzo- Giugno	-0,04 **	0,45	-0,03 **	0,39	-0,03 **	0,30
Maggio-Giugno	-0,05 **	0,44	-0,06 **	0,39	-0,05 **	0,22
Luglio-Settembre	-0,04 *	0,14	0,02 ns	0,03	0,06 ns	0,01

Da un esame approfondito della Tabella 3 emerge che la variabilità a carico delle date di inizio vendemmia sembra strettamente connessa alle variazioni stagionali riscontrate per le ore normali di caldo (NHH), come testimoniano i valori del coefficiente di determinazione  $R^2$ , che risultano superiori a quelli degli altri indici calcolati per i due siti della collina litoranea. Un ulteriore approfondimento del potere descrittivo delle NHH rispetto alle date di vendemmia ha riguardato la loro suddivisione in alcuni sottoperiodi dell'anno, perché, in base alla legge del minimo di Liebig, le risorse termiche possono rappresentare un fattore limitante soprattutto nei periodi in cui il loro livello è particolarmente basso o presenta elevata variabilità interannuale, come in primavera. Il restringimento del periodo di accumulo di NHH alla sola stagione primaverile

(periodo Marzo-Giugno) ha permesso di mantenere alto il coefficiente di determinazione, che è addirittura aumentato in due areali su tre.

La variabilità temporale delle NHH per il periodo marzo – giugno è stata pertanto indagata allo scopo di individuare eventuali discontinuità attribuibili a cause climatiche. In tutte le zone si è registrata una buona corrispondenza tra i change point delle serie storiche delle date di inizio vendemmia e quelle delle ore normali di caldo del suddetto periodo (Fig. 2).

Nella collina litoranea meridionale la data di inizio vendemmia è mediamente passata dal 28 settembre dell'arco temporale 1974-1991 al 18 settembre del periodo successivo. L'anticipo della vendemmia è parso connesso con l'aumento delle ore normali di caldo, salite da 1313 del periodo 1974-1997 a 1454 del periodo 1998-2009.

Nella collina litoranea centrale la data di inizio vendemmia è stata progressivamente anticipata dal 9 ottobre dell'arco temporale 1974-1982, al 30 settembre del periodo 1983-1991, e al 24 settembre degli ultimi anni. In questo areale si è verificato un significativo incremento delle ore normali di caldo che sono salite da 1290 del periodo 1974-1984 a 1415 in quello successivo.

Nella collina interna l'incremento delle ore normali di caldo e l'anticipo della data di inizio vendemmia si sono manifestati solo negli ultimi anni. Le ore normali di caldo sono passate da 1257 del periodo 1977-1998 a 1406 del periodo 1999-2009 mentre l'inizio della vendemmia è stato anticipato dal 14 ottobre dell'arco temporale 1977-2002 al 30 settembre degli ultimi anni.

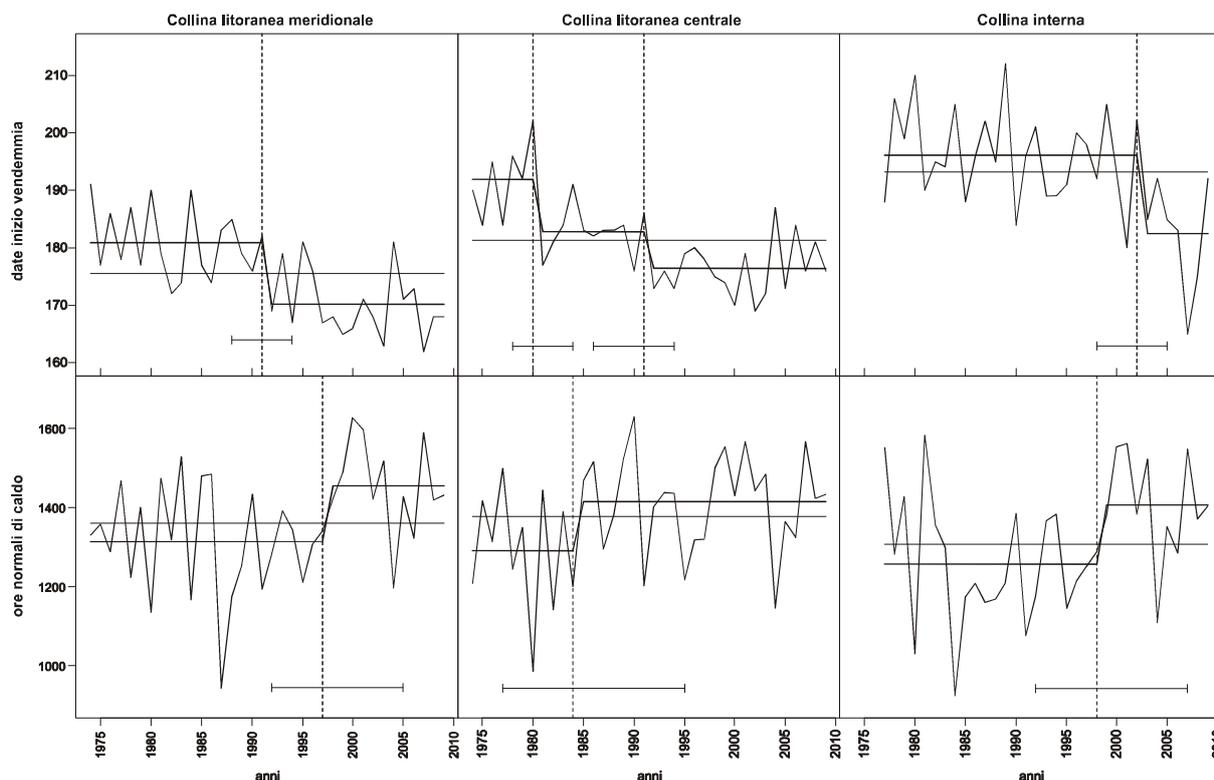


Fig. 2 Analisi del change point applicata alle ore normali di caldo del periodo marzo giugno e alle date di inizio vendemmia. Le linee tratteggiate verticali indicano i change points mentre le linee orizzontali poste in basso in ogni figura indicano l'intervallo di confidenza al 90%. Le linee spesse orizzontali rappresentano la media dei periodi.

## Conclusioni

Fin dalla sua fondazione avvenuta nel 1816 ad opera di Alexander von Humboldt (Mariani, 2002), la climatologia si propone di individuare areali o periodi storici climaticamente omogenei, con lo scopo finale di fornire strumenti di supporto per le scelte gestionali. A tale approccio si ispira in

particolare la produzione delle normali climatiche di riferimento (CLINO) rappresentative del clima attuale e che si rivelano necessarie in particolare per:

- esprimere in termini quantitativi i livelli di anomalia di una data situazione meteorologica
- ottimizzare le scelte varietali e di portainnesto
- ottimizzare le tecniche gestionali a livello di vigneto (gestione della chioma e dei rapporti source-sink, gestione delle risorse idriche e nutrizionali, gestione fitosanitaria, ecc.)
- ottimizzare le tecniche gestionali a livello di cantina (programmazione delle attività di conferimento e di lavorazione delle uve, tecniche enologiche).

In questo lavoro è stato evidenziato che il change point climatico individuato negli anni '80 del ventesimo secolo ha inaugurato una nuova fase climatica tuttora in corso ed ai CLINO caratteristici di tale nuova fase dovrebbero di qui in avanti ispirarsi per il territorio abruzzese le scelte sopraelencate.

### **Bibliografia**

- Bai J., Perron P., 1998. Estimating and Testing Linear Models With Multiple Structural Changes, *Econometrica*, 66:47-78.
- Bai J., Perron P., 2003. Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models, *Journal of Applied Econometrics*, 18:1-22.
- Jones G.V., Duchene E., Tomasi D., Yuste J., Braslavka O., Schultzh., Martinez C., Boso S., Langellier F., Perruchot C., Guimberteau G., 2005. Change in european winegrape phenology and relationship with climate. *Atti GESCO*. Vol.1. Agosto 2005. Geisenheim, Germania. 55-62.
- Mariani L., 2002. Dispensa di Agrometeorologia. Milano, CLESAV, 292 pp.
- Mariani L., 2008. Note scientifiche per un discorso sul clima, Roma, IF, 105 pp.
- Parton W.J., Logan J.A., 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric.Meteorol* , 23:205-216.
- Silvestroni O., Di Lena B., Antenucci A., Palliotti A., 2008. Analysis of climatic change in different areas of Abruzzo Region (Central Italy) implications for grape growing. *Atti VII<sup>th</sup> International Terroir Congress*. Nyon (Suisse) 19-23/5/2008. 236-241.
- Todaro C., Migliardi E., 2000. Opinioni sullo studio delle tendenze climatiche, *Bollettino Geofisico*, n: 3-4, luglio dicembre 2000.
- Todaro C., Migliardi E., 2003. Opinioni sullo studio delle tendenze climatiche (parte seconda), *Bollettino Geofisico*, 3-4, luglio dicembre 2003.
- Todaro C., Migliardi E., 2003. Opinioni sullo studio delle tendenze climatiche (reminiscenze e suggerimenti), *Bollettino Geofisico*, 3-4, luglio dicembre 2003.
- Tonietto J., Carbonneau A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124:81-87.
- Trouet V., Esper J., Graham N.E., Baker A., Scourse J.D., Frank D.C., 2009. Persistent positive North Atlantic oscillation mode dominated the medieval climate anomaly. *Science*, 3 april 2009, Vol 324.
- Werner, P. C., Gerstengarbe F.W., Fraedrich K, Oesterle K., 2000. Recent climate change in the North Atlantic/European sector. *International Journal of Climatology*, Vol. 20, Issue 5, 463-471.