

# ANALISI DI ALCUNE VARIABILI CLIMATICHE NEL PERIODO 1951-2022 IN AMBIENTE MEDITERRANEO ED IMPLICAZIONI PER LE COLTIVAZIONI ARBOREE

## ANALYSIS OF SOME WEATHER VARIABLES OF THE 1951-2022 TIME SERIES IN MEDITERRANEAN ENVIRONMENT AND IMPLICATIONS FOR TREE CROPS

Giuseppe Montanaro<sup>1\*</sup>, Emanuele Scalcione<sup>2</sup>, Antonio Carlomagno<sup>1</sup>, Vitale Nuzzoi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNIVERSITA' DEGLI STUDEI DELLA BASILICATA – via Lanera, 20, 85100, Matera (MT)

<sup>2</sup> ALSIA– Agenzia Lucana Sviluppo e Innovazione in Agricoltura, Regione Basilicata, SS 106 Jonica, km 448,200, Metaponto (MT)

\*[giuseppe.montanaro@unibas.it](mailto:giuseppe.montanaro@unibas.it)

### Abstract

Agriculture is affected by climate change as a result of the interaction between plant physiology and climatic variables including precipitation and air temperatures. This work reports the analysis of the 1951-2022 time series focusing on air temperature (minimum and maximum) and rainfall recorded in Metaponto (Basilicata Region), an important fruit and vegetable growing area. The analysis also focused the cumulated chilling hours and the climatic anomalies determined with respect to the 30-year average (1961-1991). Results reveal a significant increasing trend of temperatures particularly after 1980, and reducing cumulated chilling hours. Possible adaptation strategies are discussed.

### Parole chiave

Fabbisogno in freddo, cambiamento climatico, fenologia, precipitazioni

### Keywords

Chilling hours, climate change, phenology, precipitations

### Introduzione

L'agricoltura è vulnerabile al tempo meteorologico e all'evoluzione del clima. In particolare, la temperatura dell'aria e le precipitazioni piovose sono variabili atmosferiche estremamente importanti per la pratica agricola a causa del loro effetto sulla praticabilità dei campi e sulla fertilità del suolo, sulle popolazioni di patogeni e insetti, sulla fisiologia della pianta e sulla quantità e qualità della produzione (Lobell and Burke, 2008; Hatfield et al., 2011).

Attualmente, la comunità scientifica è concorde nel ritenere un tendenziale aumento della temperatura dell'aria insieme ad una modifica della periodicità e dell'intensità delle piogge (Jones et al. 2005; Fraga et al. 2013; IPCC 2014).

Nelle piante arboree da frutto, le variazioni della temperatura dell'aria possono influenzare: le esigenze in freddo delle gemme, la lunghezza delle diverse fasi fenologiche, la vitalità del polline e dell'ovario; la dimensione del frutto, la sintesi e l'accumulo nel frutto di zuccheri, acidi organici, composti fenolici, vitamine e composti aromatici (Schultz, 2000; Chmielewski et al., 2004; Keller, 2010; Naulleau et al., 2021). Tali effetti potrebbero essere amplificati in condizioni di eccesso o di carenza idrica (Palliotti et al., 2014; Naulleau et al., 2021).

Negli ultimi 30 anni una pletera di lavori sperimentali sono stati pubblicati sull'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione frutticola, viti-vinicola ed olivicola (Mosedale, 2016; Roussos, 2020). Per queste colture le principali problematiche legate al cambiamento climatico in atto sono: il soddisfacimento delle esigenze in freddo delle gemme (Fernandez et al., 2023), l'anticipo del ciclo vegetativo e riproduttivo (Caffarra and Eccel, 2011), la maggiore incidenza di scottature dei frutti (Racsco and Schader, 2012) ed un maggiore rischio di carenza idrica (Medrano et al., 2015).

Questo studio analizza il regime termo-pluviometrico della serie temporale 1951-2022 di Metaponto (Basilicata, MT), un tratto di pianura alluvionale del bacino Mediterraneo, e discute possibili impatti del cambiamento climatico per le piante arboree da frutto e relative azioni di adattamento.

### Materiali e Metodi

Lo studio è stato effettuato utilizzando i dati medi giornalieri di temperatura massima (T<sub>max</sub>, °C), minima (T<sub>min</sub>, °C) e precipitazioni (mm g<sup>-1</sup>) della stazione di Metaponto (MT) per l'arco temporale 1951-2022. In particolare, sono stati consultati i dati degli Annali Idrologici (Archivio digitale Protezione Civile della

Basilicata) per il periodo 1951-1989 e quelli rilevati dal Servizio Agrometeorologico Lucano dell'Agenzia Lucana Sviluppo e Innovazione in Agricoltura (SAL-ALSIA) dal 1990 al 2022. Ulteriori dati della temperatura media oraria per il periodo 2000-2022 sono stati forniti dal SAL-ALSIA. Le ore in freddo sono state determinate seguendo il metodo Utah (Richardson *et al.*, 1974) considerando la somma delle ore di freddo dei mesi di Novembre e Dicembre dell'anno  $i$  e quelli di Gennaio, Febbraio e Marzo dell'anno  $i+1$ . La serie temporale è stata decomposta per l'individuazione del trend usando il pacchetto base del software R (R Core Team, 2021). La presenza di un eventuale trend è stata poi determinata mediante il test di Mann-Kendall con un livello di significatività del 5%. Le anomalie climatiche sono state calcolate come differenza tra il valore della variabile esaminata e quello "normale" ossia il valore medio del periodo 1961-1990 della stessa variabile. Per le precipitazioni, l'anomalia è stata espressa in % relativamente al valore normale stesso. Per il calcolo del numero dei giorni piovosi, è stata considerata una soglia minima di 0,2 mm di pioggia.

## Risultati e Discussione

In questo studio, i valori normali usati per il calcolo delle anomalie sono relativi al periodo 1961-1990, sebbene il trentennio di riferimento dovrebbe essere quello più recente ossia 1991-2020 come da indicazioni della World Meteorological Organization (WMO). Tuttavia, la stessa WMO ritiene valido determinare le anomalie climatiche usando i valori normali calcolati sul periodo più remoto (C3S Bulletin, 2021).

Lo studio rivela che negli ultimi venti anni circa, il valore medio annuale della Tmax e della Tmin è progressivamente incrementato rispettivamente di circa 2°C e 1°C (Figura 1). Tale risultato è confermato dalla presenza di un trend statisticamente significativo (Figura 2). In aggiunta, il trend di lungo periodo ha evidenziato la presenza di un "breakpoint" in corrispondenza degli anni '80 in accordo con un'analisi climatica eseguita su scala nazionale (Ispra, 2012). Focalizzando i mesi estivi (da Giugno ad Agosto), l'anomalia della Tmax ha raggiunto negli ultimi anni considerati valori di circa 3,5°C (non mostrato). Gli incrementi termici in questo periodo sono alla base di frequenti fenomeni di scottature dei frutti di melograno (una nuova coltura arborea introdotta su circa 450 ha nell'area di Metaponto, ISTAT, 2022), e riduzione della produzione. Possibili mitigazioni alle anomalie di Tmax, potrebbe essere la scelta di terreni con esposizione prevalente verso Est in modo da abbassare il carico radiativo nelle ore pomeridiane (Naulleau *et al.*, 2011), oppure l'applicazione di prodotti a base di caolino o calcite micronizzata (Racsko and Schader, 2012; Amato *et al.*, 2020).

Un incremento apparentemente minimo della temperatura media, può indurre una serie di variazioni sulla fenologia delle piante. Ad esempio, in uno studio condotto in ambiente mediterraneo, si riporta che un aumento di circa 1-2°C può determinare l'anticipo di circa 7 giorni della fioritura (con conseguente aumento della vulnerabilità alle gelate tardive), il ritardo dell'entrata in senescenza, il complessivo allungamento della stagione vegetativa (Gordo and Sanz, 2010). Tale effetto indurrebbe anche un incremento del fabbisogno irriguo, ancor più accentuato in caso di riduzione delle precipitazioni (Medrano *et al.*, 2015).

Un parametro climatico di rilevante interesse per le coltivazioni arboree è il valore delle ore in freddo cumulate a partire solitamente dal 1° novembre. Studi su scenari climatici futuri evidenziano una riduzione del numero delle ore in freddo. Ad esempio, in California si stima una riduzione di tali ore da circa 1000 attuali a circa 700 nel 2050 (Luedeling *et al.*, 2009). L'inizio dell'accumulo delle ore in freddo è anche abbinato all'inizio della caduta delle foglie che corrisponde con l'entrata in dormienza delle piante. In Basilicata, la fase di caduta foglie e quindi l'inizio dell'accumulo delle ore in freddo risulta progressivamente più tardivo (fine dicembre) rispetto al canonico 1 novembre a causa delle temperature (alte) di Novembre (Scalcione com. pers.). Infatti, considerando il periodo Novembre-Marzo del periodo esaminato, si nota una riduzione del numero di ore in freddo cumulate (Figura 3).

Il regime pluviometrico annuo ha mostrato una tendenza alla diminuzione fino agli anni '80, successivamente ha assunto un trend significativamente crescente ( $p < 0.05$ ) passando da un valore (media mobile 5 anni) di circa 500 mm/anno a circa 612 mm/anno alla fine del periodo esaminato (Figura 4). Il numero dei giorni piovosi per anno risulta in diminuzione nel tempo (Figura 5). Negli ultimi anni esaminati è stato di circa il 30% inferiore a quello degli anni '50. Quindi, è plausibile un incremento dell'intensità degli eventi piovosi, che esporrebbe i suoli in pendenza a maggior rischio di erosione, e quelli in pianura a rischi di inondazione, ma questo rimane ancora da esaminare nello specifico.

## Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che nell'area del Metapontino si registrano dei trend significativi dell'aumento della temperatura (minima e massima) e conseguentemente una riduzione dell'accumulo delle ore in freddo nel canonico periodo Novembre-Marzo. Il regime pluviometrico annuo è in aumento negli ultimi decenni, ma con una riduzione dei giorni piovosi. I dati confermano la necessità del comparto delle coltivazioni arboree di adottare strategie di difesa dall'aumento termico come l'applicazione di reti ombreggianti, trattamenti a base di caolino o calcite micronizzata o altri mezzi che riducono il carico termo-radiativo del frutteto.

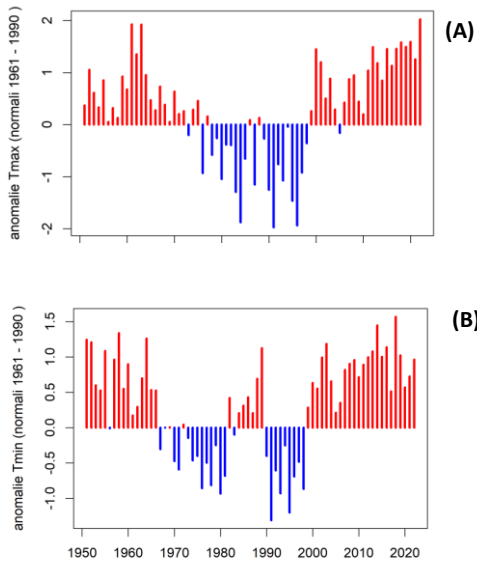


Fig.1 - Andamento delle anomalie del valore medio annuale della temperatura massima (A) e minima (B) rispetto a quello del periodo del 1961-1990.

Fig.1- Anomalies of the (A) maximum and (B) mean annual air temperature determined against the 1961-1990 normal values.

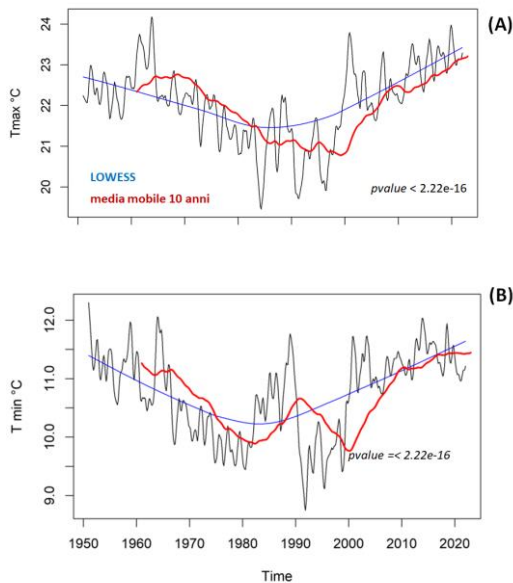


Fig.2 - Andamento del trend del valore medio annuale della temperatura massima (A) e minima (B) rispetto a quello del periodo del 1961-1990.

Fig.2- Trend component of the (A) maximum and (B) mean annual air temperature determined against the 1961-1990 normal values.

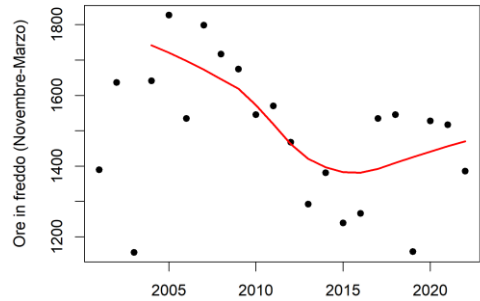


Fig.3 - Andamento delle ore di freddo (metodo Utah) durante il periodo 1 Novembre- 31 Marzo delle annate dal 2001 al 2022. La linea rappresenta l'interpolazione LOWESS a partire dal 2004.

Fig.3- Chilling hours (Utah method) determined for the period 1<sup>st</sup> November-31<sup>st</sup> March across the seasons from 2001 to 2022. The line is a LOWESS fitting curve starting from 2004.

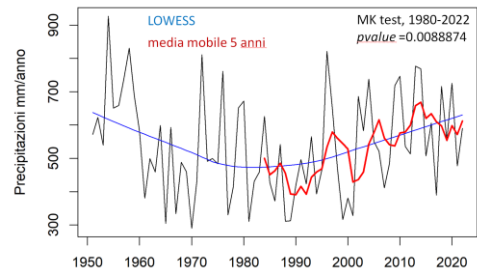


Fig.4 - Piovosità annua registrata nel periodo 1951:2022 e relativa curva Lowess. La linea in grassetto rappresenta la media mobile (5 anni) del periodo 1980:2022.

Fig.4- Annual rainfall recorded during 1951:2022 and the related Lowess fitting curve. The bold line represents the 5-year running average over the 1980:2022 period.

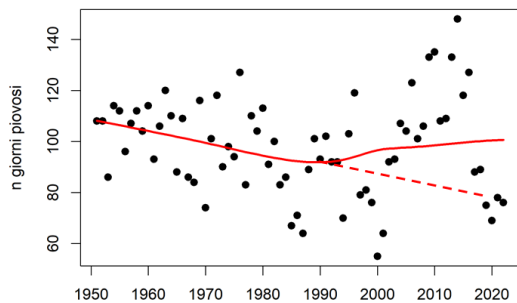


Fig.5 – Numero dei giorni piovosi per anno registrato nel periodo di studio. La linea continua rappresenta l'interpolazione LOWESS, il tratto discontinuo di linea non considera i valori dei giorni degli anni 2010.

Fig.5- Number of annual rainy days recorded recorded during the study period. The continuous line is a LOWESS fitting curve, the dashed line represents the fitting excluding the values of the 2010s years.

**Founding:** The authors declare no conflict of interest. This study was carried out within the Agritech National Research Center and received funding from the European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022, CUP: C33C22000250001). This manuscript reflects only the authors' views and opinions, neither the European Union nor the European Commission can be considered responsible for them.

## Bibliografia

Amato D, Montanaro G, Summerer S, Briglia N, Attia F, Challet E, Nuzzo V, 2020. The effects of calcite silicon-mediated particle film application on leaf temperature and grape composition of Merlot (*Vitis vinifera* L.) vines under different irrigation conditions. *OENO One*, 54(4), 1007–1020.

C3S Bulletin, 2021. C3S Climate Bulletin change from 1981-2010 to 1991-2020 reference period. Copernicus Climate Change Service, accessed on 10 May 2023.

Chmielewski F-M, Müller A, Bruns E, 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. *Agricultural and Forest Meteorology* Volume 121 (1–2): 69-78.

Fernandez E, Mojahid H, Fadón E, Rodrigo J, Ruiz D, Egea JA, Mimoun MB, Kodad O, El Yaacoubi A, Ghrab M, Egea J, Benmoussa H, Borgini N, Elloumi O, Luedeling E, 2023. Climate change impacts on winter chill in Mediterranean temperate fruit orchards. *Regional Environmental Change* 23:7.

Fraga H, Malheiro AC, Moutinho-Pereira J, Santos JA (2013) Future scenarios for viticultural zoning in

Europe: ensemble projections and uncertainties. *Int J Biometeorol* 57(6):909–925.

Gordo O., Sanz J.S., 2010. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology* 16(3): 1082-1106.

Hatfield JL, Boote KJ, Kimball BA, Ziska LH, Izaurralde RC, Ort D, Thomson AM, Wolfe D, 2011. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy Journal* 103(2): 351-370.

IPCC (2014) Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Summaries, frequently asked questions, and cross-chapter boxes. A contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change:190

ISPRA, Stato dell'Ambiente, 2012. Elaborazioni delle Serie Temporalì per la stima delle tendenze climatiche, ISBN 978-88-448-0559-3.

Jones GV, White MA, Cooper OR, Storchmann K (2005) Climate change and global wine quality. *Clim Chang* 73(3):319–343.

Keller M, 2010. Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturist. *Austr. J. Grape Wine Res.* 16, 56–69.

Lobell DB, Burke MB, 2008. Why are agricultural impacts of climate change so uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. *Environ. Res. Lett.* 3 (2008) 034007.

Luedeling E, Zhang M, Girvetz EH, 2009. Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut trees in California during 1950–2009. *PLoS ONE* 4(7): e6166.

Medrano H, Tomás M, Martorell S, Escalona J-M, Pou A, Fuentes S, et al., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sust. Dev.* 35, 499–517.

Naulleau A, Gary C, Prévot L and Hossard L, 2021. Evaluating Strategies for Adaptation to Climate Change in Grapevine Production – A Systematic Review. *Front. Plant Sci.* 11:607859.

R Core Team, 2021. "R: A language and environment for statistical computing", R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>.

Racsko J, Schrader LE, 2012. Sunburn of apple fruit: historical background, recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31(6): 455-504.

Richardson E.A., S.D. Seeley, D.R. Walker., 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach trees." *HortScience* 9 (4): 331–32.

Roussos PA, 2020. Climate change impacts on fruit trees and mitigation strategies of adverse effects. *AgroLife Scientific Journal* 9(2): 269-276.

Schultz HR, 2000. Climate changes in viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV effects. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6, 2–12.