

تأثیر تغییر اقلیم بر فنولوژی انگور رقم بی‌دانه سفید در استان آذربایجان غربی

سمیه حجابی^{۱*}، حامد عباسعلی نژاد شرامین^۲، حامد دولتی‌بانه^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۱)

چکیده

افزایش دما در سال‌های اخیر منجر به تغییراتی در چرخه نمو گیاهان شده است و پیش‌بینی‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم حاکی از افزایش قابل توجه دما تا پایان قرن ۲۱ است. انگور به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی جهان، شدیداً به تغییرات دما حساس است. لذا بررسی پاسخ فنولوژی انگور به تغییرات دما، زمینه مناسبی را برای ارزیابی ارقام و اتخاذ تصمیمات بهتر در راستای اقدامات سازگاری با تغییر اقلیم فراهم می‌کند. در این مطالعه، پاسخ فنولوژی انگور رقم بی‌دانه سفید به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم تحت سناریوی RCP8.5 در استان آذربایجان غربی بررسی شد. مقایسه زمان رخداد مراحل فنولوژیکی مختلف در دو دوره آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ با دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ بیانگر کاهش فواصل بین مراحل فنولوژیکی است. بعلاوه، طول فصل رشد در دوره‌های آینده نزدیک و دور به میزان ۱۰ و ۴۰ روز در مقایسه با دوره تاریخی کاهش خواهد یافت. با توجه به تفاوت ارقام مختلف انگور در پاسخ به تغییرات دما و همچنین تأثیرپذیری متفاوت خرداقلیم‌های مختلف از گرمایش جهانی، بررسی نقش توأم ارقام انگور و خرداقلیم‌ها در مطالعات آینده این استان توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: افزایش دما، سناریوی RCP8.5، فصل رشد

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

۲- کارشناس هواشناسی اداره تحقیقات هواشناسی کشاورزی، اداره کل هواشناسی استان آذربایجان غربی.

۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات زراعی-باغبانی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

* پست الکترونیک: s.hejabi@urmia.ac.ir

مقدمه

جهانی شناخته شده است (فرناندز-گونزالز^۵ و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش دمای فصلی به‌طور چشمگیری موجب تغییر فصل رشد می‌شود و به موجب آن سبب تغییر الگوی نرمال نمو انگور به سمت شروع زودتر گلدهی، تغییر رنگ و برداشت می‌شود (کلر^۶، ۲۰۱۰). در دماهای بالاتر از ۳۰°C اندازه و وزن حبه‌ها کاهش می‌یابد (هیل و بوترز^۷، ۱۹۷۴) و دماهای بیشتر از ۳۵°C سبب گرده افشانی ضعیف و عدم تکامل گل می‌شوند (هارتز^۸ و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین افزایش گرما طی دوره مهم گلدهی عملکرد را کاهش می‌دهد. تغییر در زمان وقوع مراحل فنولوژی انگور طی دهه‌های اخیر در بسیاری از مناطق کشت انگور گزارش شده است (جونز و دیویس^۹، ۲۰۰۰؛ توماسی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۱؛ نیتلینگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷؛ بیاسی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۹). مشاهدات گسترده‌ای نشان داده است که تاریخ برداشت به‌ویژه در چند دهه اخیر ۱-۲ هفته زودتر رخ داده است (جونز و دیویس، ۲۰۰۰؛ دوچن و اشنایدر^{۱۳}، ۲۰۰۵؛ بوک^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۱؛ وب^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۲؛ کوک و ولکوویچ^{۱۶}، ۲۰۱۶). مطالعات نشان داده است که افزایش دمای هوا علاوه بر تسریع رشد گیاه، سبب کاهش فواصل بین رخدادهای فنولوژیکی شده است (جونز و دیویس، ۲۰۰۰) و این امر می‌تواند از طریق تغییر میزان قند و اسید، روی ترکیب و کیفیت انگور تأثیرگذار باشد (آلیکادیکا^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۹). در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در مورد تأثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم روی فنولوژی انگور انجام شده است (وب و همکاران، ۲۰۰۸؛ جورکوئرا-فونتتا و اورگو-وردوگو^{۱۸}، ۲۰۱۰؛ وایزارا^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۵؛ آلیکادیکا و همکاران، ۲۰۱۹). افزایش دمای هوا سبب خواهد شد که در آینده تنها در مناطقی مانند

انگور یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی در جهان است که تولید جهانی سالانه آن به ۷۵ میلیون تن می‌رسد و در مقایسه با سایر میوه‌ها از بالاترین ارزش کلی تولید در جهان برخوردار است (فائو^۱، ۲۰۱۶). ایران به دلیل شرایط آب و هوایی و اقلیمی یکی از کشورهای مهم تولیدکننده انگور در دنیا است؛ به‌طوری که طبق گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (www.fao.org) در سال ۲۰۱۶ کشور ایران با تولید ۲۲۷۵۸۳۰ تن انگور در رتبه هشتم جهان و از نظر صادرات کشمش (با میزان ۷۳۶۲۳ تن) در رتبه سوم جهان قرار داشت. علاقه ایرانیان قدیم به مصرف فرآورده‌های متنوع انگور به‌خصوص تازه‌خوری، شیره و کشمش و وجود شرایط طبیعی مناسب، عوامل توسعه کشت و پرورش ارقام متنوع انگور بوده است. استان آذربایجان غربی یکی از مهمترین استان‌های تولیدکننده انگور در ایران است و تقریباً نیمی از سطوح زیر کشت و تولیدات انگور این استان متعلق به شهرستان ارومیه است. از میان عواملی چون اقلیم محلی، خاک و موقعیت منطقه، اقلیم نقش بسیار پررنگی در رشد و عملکرد انگور دارد و یک رژیم اقلیمی بهینه شدیداً در کیفیت کلی انگور سهیم است. لذا، اقلیم یک مؤلفه کلیدی برای توزیع جغرافیایی انگور در سراسر جهان است (جونز^۲، ۲۰۱۳). از میان عوامل اقلیمی، دما یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر فنولوژی، چرخه رویشی و کیفیت انگور است (وینکلر^۳ و همکاران، ۱۹۷۴). تحلیل داده‌های تاریخی بیش از ۱۰۰ سال اخیر، یک گرمایش ۰/۸۵°C را در میانگین جهانی دمای سطح دریا و خشکی طی دوره ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ نشان داده است (آی‌پی‌سی‌سی^۴، (b) ۲۰۱۴). بعلاوه، پیش‌بینی‌های اقلیمی نشان داده‌اند که میانگین دما تا پایان قرن ۲۱، بسته به اقدامات مربوط به تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای، ۱/۵°C تا ۴°C بیشتر از دوره مرجع کنونی خواهد بود (آی‌پی‌سی‌سی، (a) ۲۰۱۴). تغییرپذیری اقلیم اساساً از طریق تأثیر بر میزان گرمای در دسترس می‌تواند روی عملکرد انگور تأثیرگذار باشد و این محصول به طور فزاینده‌ای به عنوان یک شاخص زیستی گرمایش

5. Fernández-González

6. Keller

7. Hale and Buttrose

8. Hartz

9. Jones and Davis

10. Tomasi

11. Neethlin

12. Biasi

13. Duchene and Schneider

14. Boc

15. Webb

16. Cook and Wolkovich

17. Alikadica

18. Jorquera-Fontena and Orrego-Verdugo

19. Yzarra

1. FAO: Food and Agriculture Organization

2. Jones

3. Winkle

4. IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

در این مقاله منظور از فصل رشد، دوره شکفتن جوانه تا برداشت است.

برای بررسی رابطه نمو فنولوژیکی انگور با دما از شاخص درجه-روز رشد (GDD) استفاده شد. در این مطالعه از معادله استاندارد GDD استفاده شد که در آن دمای میانگین روزانه به صورت میانگین دمای کمینه روزانه (T_n) و دمای بیشینه روزانه (T_x) محاسبه شده و GDD به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$GDD = \sum_{i=m}^n (T_i - T_b), \quad T_i = \frac{T_n + T_x}{2} \quad (1)$$

که مقادیر m و n به ترتیب شماره روز شروع و پایان یک مرحله فنولوژیکی و T_b دمای آستانه است و چنانچه $T_i < T_b$ باشد، مقدار $T_i - T_b = 0$ لحاظ می‌شود. مقدار T_b در این مطالعه 10°C در نظر گرفته شده است (فن لیوون و سگوین^۳، ۲۰۰۶). در مدل‌های شبیه‌سازی مبتنی بر روش GDD فرض می‌شود که میزان GDD مورد نیاز برای تکمیل یک مرحله فنولوژیکی معین تقریباً ثابت است. داده‌های دمای کمینه و دمای بیشینه روزانه مورد نیاز برای محاسبه GDD از ایستگاه تحقیقاتی کهریز تهیه شد. داده‌های هواشناسی ایستگاه کهریز از سال ۲۰۰۹ به بعد موجود هستند.

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی انگور از پایگاه داده CORDEX^۴ استفاده شد (جیورجی^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). برنامه CORDEX از مدل‌های منطقه‌ای مختلف و خروجی‌های چندین مدل اقلیم جهانی برای تولید پیش‌بینی‌های اقلیمی با مقیاس‌های مکانی بالاتر که مورد نیاز پژوهش‌های ارزیابی تأثیر و همچنین سازگاری با تغییر اقلیم است، استفاده می‌کند. مدل‌های اقلیم منطقه‌ای CORDEX در ۱۴ محدوده مختلف در سراسر جهان توسعه یافته‌اند که دو محدوده از آنها ایران را پوشش می‌دهند (یعنی منطقه ۶: منطقه آسیای جنوبی و منطقه ۱۳: منطقه خاورمیانه-آفریقای شمالی (MENA)). در مطالعه حاضر، شبیه‌سازی‌های انجام‌شده در محدوده MENA استفاده شد. محدوده MENA در فاصله عرض‌های جغرافیایی 6°S تا 44°N و طول‌های جغرافیایی 26°W تا 75°E قرار دارد. در این مطالعه از

مناطق شمالی و مرتفع که در حال حاضر خیلی سرد هستند، تولید انگور امکان پذیر باشد، درحالی‌که مناطقی که در حال حاضر به پرورش انگور می‌پردازند، ناچار خواهند بود با این تغییرات سازگار شوند (وایت^۱ و همکاران، ۲۰۰۶؛ جونز، ۲۰۰۷؛ هال و جونز^۲، ۲۰۰۹). پایش مداوم رابطه متغیرهای اقلیمی و رسیدگی انگور در مزارع برای توسعه عملیات تطبیقی زراعت انگور در مقیاس مزرعه ضروری است (بیاسی و همکاران، ۲۰۱۹).

در این مطالعه، با پذیرش این فرض که دما مهم‌ترین عامل اقلیمی تأثیرگذار بر رشد و عملکرد انگور است، تغییرات احتمالی زمان وقوع مراحل فنولوژیکی انگور رقم بی‌دانه سفید در پاسخ به تغییرات دما در آینده بررسی می‌شود.

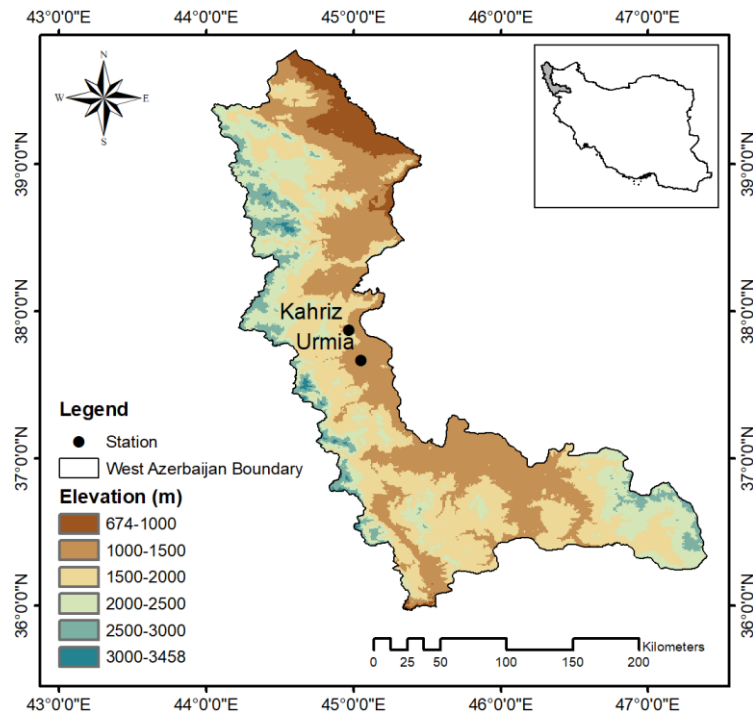
مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های فنولوژیکی انگور رقم بی‌دانه سفید که در ایستگاه تحقیقات باغبانی کهریز ارومیه گردآوری شده‌اند، استفاده شد. رقم بی‌دانه سفید به عنوان یکی از مهم‌ترین ارقام انگور، رقمی سریع‌الرشد، با بارآوری منظم و بسیار زیاد، شاخه‌های خشبی کلفت و طویل با مقطع دایره‌ای شکل است. قسمت گوشتی میوه بی‌رنگ، ترد و آبدار با سفتی متوسط است. درصد قند این رقم بالا و میزان اسید آن پایین است. مصرف عمده آن تازه‌خوری است، اما در تهیه کشمش، سبزه، شیر و آب انگور هم مورد استفاده قرار می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸۳).

ایستگاه تحقیقات باغبانی کهریز در ۴۲ کیلومتری شهرستان ارومیه در استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی $37^\circ52'$ و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در یک ناحیه کوهستانی و اقلیم نیمه‌خشک واقع شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه کهریز ارومیه را نشان می‌دهد. نهال‌های رقم مورد بررسی با فواصل 3×2 متر در سال ۲۰۰۵ کشت شده‌اند و به روش قطره‌ای آبیاری شده‌اند. اطلاعات فنولوژیکی ثبت شده در مورد انگور رقم بی‌دانه سفید شامل تاریخ شکفتن جوانه، گلدهی کامل، تغییر رنگ و برداشت بوده و برای یک دوره زمانی ۱۰ ساله (۲۰۰۹-۲۰۱۸) موجود هستند. از آنجا که اطلاعات دقیقی در مورد تاریخ هرس کردن و شروع فصل رشد انگور در ایستگاه کهریز ثبت نشده است،

3. Van Leeuwen and Seguin
4. Coordinated Regional Downscaling Experiment
5. Giorgi
6. Middle East-North Africa

1. White
2. Hall and Jones

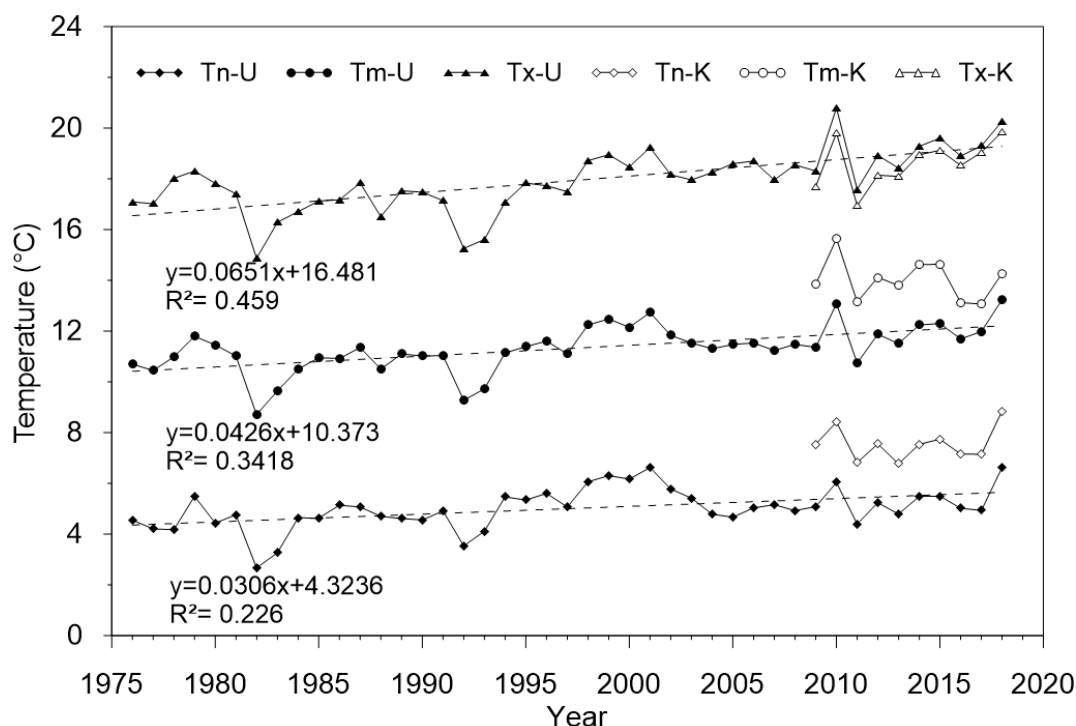


شکل ۱- نقشه توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های کهریز و ارومیه در محدوده استان آذربایجان غربی

ایستگاه در طول جغرافیایی $45^{\circ}30'$ ، عرض جغرافیایی $37^{\circ}40'$ و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا قرار دارد. شکل ۲ نمودارهای سری زمانی دمای کمینه، دمای بیشینه و دمای میانگین سالانه ایستگاه‌های کهریز و ارومیه را نشان می‌دهد. روند افزایشی معنی‌داری ($p < 0.05$) در هر سه سری زمانی مربوط به ایستگاه ارومیه وجود دارد. مقایسه نمودارهای سری زمانی ایستگاه کهریز با ایستگاه ارومیه نشان می‌دهد که نوسانات دما در دو ایستگاه بسیار مشابه هستند و سری‌های زمانی متناظر دو ایستگاه به میزان نسبتاً ثابتی با هم اختلاف دارند. به طوری که در همه سال‌ها دمای بیشینه ایستگاه کهریز کمتر از ایستگاه ارومیه و دمای کمینه و دمای میانگین ایستگاه کهریز با اختلاف مشخصی بیشتر از ایستگاه ارومیه است. بر این اساس، برای تعمیم داده‌های دوره زمانی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ ایستگاه ارومیه به ایستگاه کهریز، برای هر ماه از سال، رابطه رگرسیونی هر یک از سری‌های زمانی روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه و دمای میانگین ایستگاه ارومیه (متغیر مستقل) با داده‌های متناظر در ایستگاه کهریز (متغیر وابسته) بر مبنای داده‌های دوره تاریخی مشترک (۲۰۰۹-۲۰۱۸) بدست آمد (مجموعاً ۱۲ رابطه رگرسیونی برای هر یک از دماهای کمینه، بیشینه و میانگین روزانه) و از این روابط رگرسیونی برای تبدیل

خروجی‌های مدل اقلیم منطقه‌ای RCA4 با تفکیک مکانی 0.22° و در مقیاس زمانی روزانه برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ و دو دوره آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ تحت سناریوی RCP8.5 استفاده شد. این مدل، از مدل گردش عمومی GFDL-ESM2M به عنوان مدل پیشران استفاده می‌کند. وجود خطای سامانمند در مدل‌های اقلیمی مانع استفاده مستقیم از آنها می‌شود. لذا داده‌های آینده با استفاده از روش «بی‌هنجاری‌های اقلیمی» تولید شدند (دکو^۱، ۲۰۰۷؛ ویلبای^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). برای این منظور، فاکتورهای تغییر در مقیاس ماهانه محاسبه شد و برای داده‌های روزانه تاریخی کهریز به کار برده شد تا داده‌های آینده تولید شود. جزئیات این روش توسط لوم^۳ و همکاران (۲۰۰۹) بیان شده است. از آنجا که دوره آماری داده‌های هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی کهریز محدود به سال‌های پس از ۲۰۰۹ می‌شود و دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ را پوشش نمی‌دهد، از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، یعنی ایستگاه ارومیه برای تعمیم داده‌های تاریخی آن به ایستگاه کهریز استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک ارومیه در شکل ۱ نشان داده شده است. این

1. Déqué
2. Wilby
3. Lhomme



شکل ۲- نمودارهای سری زمانی دماهای کمینه (Tn)، بیشینه (Tx) و میانگین (Tm) سالانه ایستگاه کهریز (K) و ارومیه (U) برای دوره ۱۹۷۶-۲۰۱۸

میزان GDD و فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی طی سال‌های مختلف متغیر است. فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی به عنوان شاخصی از اقلیم کلی طی آن دوره‌ها است (جونز و دیویس، ۲۰۰۰). فواصل زیاد بیانگر شرایط غیر ایده‌آل اقلیمی است که منجر به تاخیر در رشد و بلوغ می‌شود (گلدستون^۱، ۱۹۹۲). یکی از مهم‌ترین دوره‌ها، فصل رشد (از زمان شکفتن جوانه تا برداشت) است و فصل رشد بلندتر و گرم‌تر باعث افزایش پتانسیل رسیدگی انگور می‌شود (جونز و دیویس، ۲۰۰۰). تغییرپذیری‌های سال به سال طول فصل رشد بین ۱۳۷ تا ۱۶۸ روز است. میانگین طول دوره شکفتن جوانه تا برداشت حدود ۱۵۰ روز با ضریب تغییرات ۷٪ است. همچنین، میانگین GDD مورد نیاز برای کل دوره شکفتن جوانه تا برداشت حدود ۱۸۰۵ °C.day با ضریب تغییرات ۹/۷٪ است. فاصله بین جوانه زنی و گلدهی ۵۲ روز با انحراف معیار ۹ روز و میانگین GDD آن ۳۶۸ °C.day با انحراف معیار ۵۸ °C.day است. همچنین میانگین فاصله زمانی بین گلدهی و تغییر رنگ ۶۰ روز با انحراف معیار ۳ روز و در مورد تغییر رنگ تا برداشت ۳۹ روز با انحراف معیار ۴ روز است. میانگین GDD این دوره ها به ترتیب ۹۰۶ °C.day با انحراف معیار

داده‌های روزانه ایستگاه ارومیه به ایستگاه کهریز برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ استفاده شد. سپس، همان طور که پیش از این ذکر شد، فاکتورهای تغییر ماهانه از طریق مقایسه دوره‌های آینده و دوره تاریخی مدل اقلیمی بدست آمده و با اعمال این فاکتورها بر داده‌های روزانه ایستگاه کهریز در دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵، داده‌های آینده برای دو دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ تولید شدند.

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر چرخه رشد انگور، بر اساس متوسط GDD مورد نیاز برای تکمیل هر یک از مراحل فنولوژیکی گیاه، طول هر یک از سه دوره فنولوژیکی شکفتن جوانه تا گلدهی، گلدهی تا تغییر رنگ و تغییر رنگ تا برداشت برای دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵ و دوره‌های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفتند.

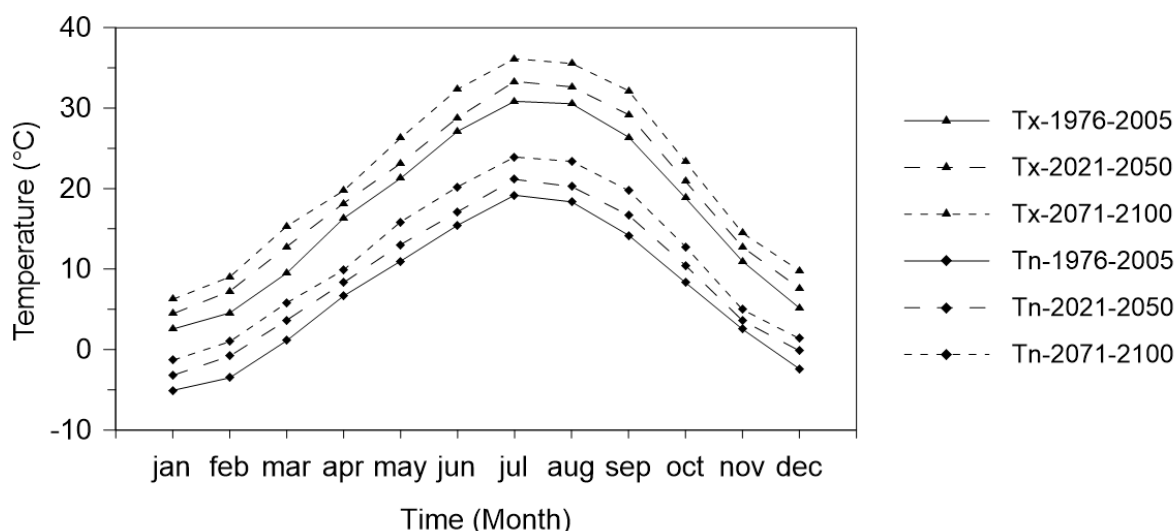
نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبه GDD و فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی انگور رقم بی‌دانه سفید شامل شکفتن جوانه تا گلدهی، گلدهی تا تغییر رنگ، تغییر رنگ تا برداشت و شکفتن جوانه تا برداشت برای سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱

1. Gladstones

جدول ۱- مقادیر GDD (°C.day) و فاصله بین رخدادهای فنولوژیکی (روز) انگور رقم بی‌دانه سفید طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۸ در ایستگاه کهریز

سال	فواصل فنولوژیکی							
	شکفتن جوانه - گلدهی		گلدهی - تغییر رنگ		تغییر رنگ - برداشت		شکفتن جوانه - برداشت	
	GDD	تعداد روزها	GDD	تعداد روزها	GDD	تعداد روزها	GDD	تعداد روزها
۲۰۰۹	۳۰۷/۹	۴۹	۷۸۲/۴	۶۰	۴۷۵/۲	۳۹	۱۵۶۵/۵	۱۴۸
۲۰۱۰	۳۵۲/۲	۵۷	۹۲۵/۰	۶۲	۵۰۱/۲	۳۶	۱۷۷۸/۴	۱۵۵
۲۰۱۱	۴۱۰/۲	۶۲	۹۱۸/۷	۵۹	۴۸۹/۰	۴۳	۱۸۱۷/۹	۱۶۴
۲۰۱۲	۴۲۳/۵	۵۷	۸۴۳/۷	۵۹	۵۲۷/۳	۳۷	۱۷۹۴/۵	۱۵۳
۲۰۱۳	۲۷۷/۷	۴۷	۷۷۶/۸	۵۷	۴۴۷/۶	۳۳	۱۵۰۲/۱	۱۳۷
۲۰۱۴	۴۶۳/۵	۶۲	۹۱۳/۱	۶۱	۵۰۴/۶	۳۳	۱۸۸۱/۲	۱۵۶
۲۰۱۵	۳۷۴/۸	۴۲	۹۹۹/۲	۶۲	۵۲۱/۴	۳۷	۱۸۹۵/۴	۱۴۱
۲۰۱۶	۳۰۵/۱	۳۸	۸۲۲/۷	۵۹	۶۱۷/۶	۴۱	۱۷۴۵/۳	۱۳۸
۲۰۱۷	۳۷۶/۲	۴۲	۹۳۲/۰	۵۷	۷۱۸/۵	۴۶	۲۰۲۶/۷	۱۴۵
۲۰۱۸	۳۹۰/۷	۶۱	۱۱۴۷/۱	۶۷	۵۰۸/۴	۴۰	۲۰۴۶/۱	۱۶۸
میانگین	۳۶۸/۲	۵۱/۷	۹۰۶/۱	۶۰/۳	۵۳۱/۱	۳۸/۵	۱۸۰۵/۳	۱۵۰/۵
انحراف معیار	۵۸/۳	۹/۲	۱۱۱/۰	۲/۹	۷۹/۴	۴/۲	۱۷۴/۸	۱۰/۶
ضریب تغییرات (%)	۱۵/۸	۱۷/۸	۱۲/۲	۴/۹	۱۴/۹	۱۰/۸	۹/۷	۷/۰



شکل ۳- نمودار میانگین بلندمدت ماهانه دمای کمینه (Tn) و دمای بیشینه (Tx) برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ و دوره‌های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ در ایستگاه کهریز

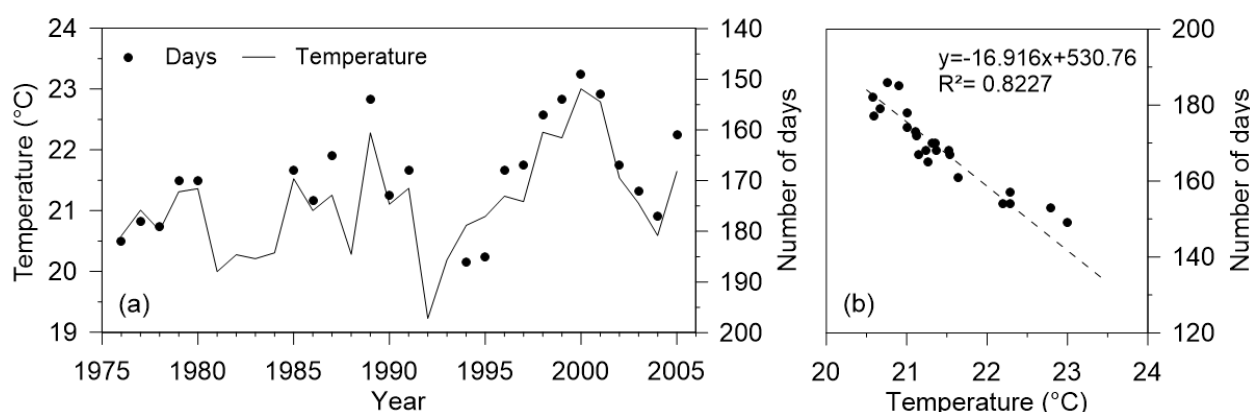
بود. همچنین، میزان افزایش دما در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ بیشتر از دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ خواهد بود.

بر اساس داده‌های فنولوژیکی ایستگاه کهریز، تاریخ شروع شکفتن جوانه انگور به طور متوسط ۱۵ آوریل است. بر این اساس و با استفاده از میانگین GDD مورد نیاز برای کل فصل رشد (۱۸۰۵°C.day)، تعداد روزهای مورد نیاز برای تکمیل فصل رشد انگور برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ برآورد شد. شکل ۴(a) نمودار سری زمانی طول فصل رشد

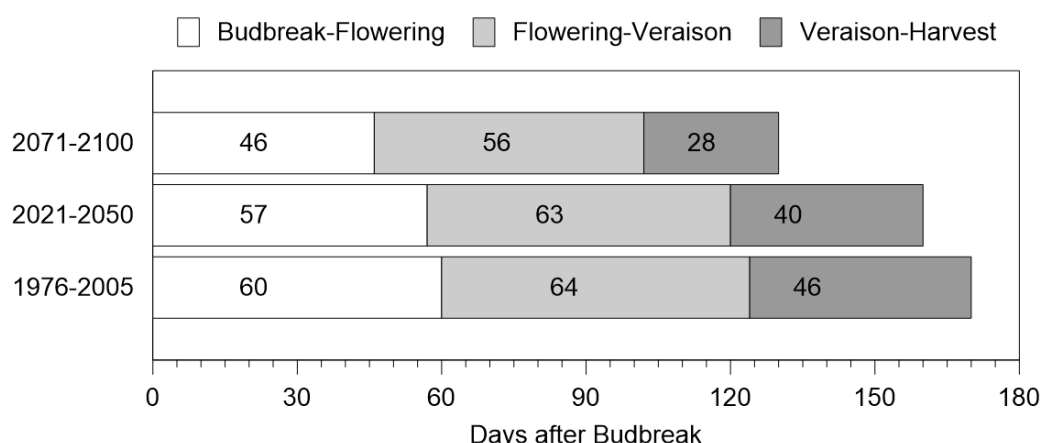
۱۱۱°C.day و ۵۳۱°C.day با انحراف معیار ۷۹°C.day است. شکل ۳ نمودار میانگین بلند مدت ماهانه دمای کمینه و دمای بیشینه را در ایستگاه کهریز برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ و دوره‌های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ که مبتنی بر خروجی‌های مدل اقلیمی هستند، نشان می‌دهد. نمودارها بیانگر این هستند که در هر دو دوره آینده میانگین دمای کمینه و بیشینه در همه ماه‌های سال بیشتر از دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ خواهد

تا سپتامبر است. به علاوه، نمودار پراکنش شکل ۴(b) همبستگی منفی معنی‌داری ($R^2=0/82$, $p\text{-value}<0/05$) را بین طول فصل رشد و میانگین دمای آوریل تا سپتامبر نشان می‌دهد. در شکل ۴(a) تفاوت دمای میانگین ماه‌های آوریل تا سپتامبر برای سال‌های سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۲، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۲-۱۹۹۳ در مقایسه با سایر سال‌ها مشهود بوده و عدم تامین نیاز گرمایی انگور در این سال‌ها را توجیه می‌نماید. صرف نظر از سال‌هایی که انگور به بلوغ نرسیده است، طول فصل رشد برای سال‌هایی که انگور چرخه رشد خود را کامل کرده است، یک روند کاهشی قابل ملاحظه نشان می‌دهد.

را برای دوره تاریخی در ایستگاه کهریز نشان می‌دهد (اعداد مربوط به محور تعداد روزها به صورت نزولی هستند). عدم وجود تعداد روز برای سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۲، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۲-۱۹۹۳ به دلیل افت شدید دما در طی این سال‌ها و عدم تامین نیاز گرمایی برای تکمیل دوره رشد انگور است. از آنجا که فصل رشد به طور متوسط ماه‌های آوریل تا سپتامبر را پوشش می‌دهد، نمودار میانگین دمای ماه‌های آوریل تا سپتامبر نیز برای مقایسه در شکل ۴(a) آورده شده است. با توجه به شکل ۴(a) مشاهده می‌شود که روند تغییرات طول فصل رشد به طور معکوس متناسب با تغییرات میانگین دمای ماه آوریل



شکل ۴- نمودار سری زمانی (a) و نمودار پراکنش (b) میانگین دمای ماه‌های آوریل تا سپتامبر و طول فصل رشد در ایستگاه کهریز در دوره زمانی ۱۹۷۶-۲۰۰۵



شکل ۵- میانگین فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی جوانه زنی تا گلدهی، گلدهی تا تغییر رنگ و تغییر رنگ تا برداشت برای دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ و دوره های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ در ایستگاه کهریز

۲۰۷۱-۲۰۹۹ تا چهار هفته زودتر از دوره مرجع رخ خواهد داد.

بنابراین مطالعات تکمیلی و استفاده از راهکارهای موثر در جهت کاهش اثرات نامطلوب افزایش دما و کاهش طول دوره رشد بر خصوصیات کمی و کیفی میوه انگور لازم و ضروری می‌باشد. افزایش دما در آینده به ویژه در مناطق دارای اقلیم‌های گرم، منجر به رخداد زودتر تاریخ برداشت می‌شود. لذا، رسیدگی خیلی زود انگور باعث عدم تعادل ترکیبات انگور شده (فن‌لیوون و داریت^۱، ۲۰۱۶) و کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وب و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی اثر تغییر اقلیم روی کیفیت ارقام مختلف انگور در استرالیا نتیجه گرفتند که در صورت عدم اعمال اقدامات سازگاری با تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ کیفیت انگور تحت سناریوی B1، ۹٪ و تحت سناریوی AIFI (سناریوی مشابه RCP8.5) ۷۶٪ کاهش خواهد یافت. راهبردهای سازگاری با تغییر اقلیم برای کمینه کردن تأثیرات تغییر اقلیم بر زراعت انگور به‌طور ویژه‌ای مورد نیاز است (هلدر^۲، ۲۰۱۸). راهبردهای ممکن می‌تواند شامل موارد زیر باشد (جونز و همکاران، ۲۰۰۵؛ وب، ۲۰۰۶؛ جونز، ۲۰۰۷؛ وب و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیوونا و داریت، ۲۰۱۶؛ آلیکادیکا و همکاران، ۲۰۱۹): (۱) جایگزین کردن ارقام با ارقامی که برای اقلیم‌های گرم‌تر مناسب هستند، برای مثال استفاده از کلون‌های دیررس، (۲) پرورش ارقام فعلی در مناطق مرتفع‌تر و سردتر، (۳) انتقال مناطق کشت انگور به عرض‌های جغرافیایی بالاتر، (۴) استفاده از راهبردهای جبران عملکرد مانند افزایش عملکرد انگور با استفاده از روش‌های مدیریتی انگور برای جبران قیمت‌های کم. به دلیل پاسخ متفاوت فنولوژی ارقام مختلف انگور به تغییر اقلیم (بیاسی و همکاران، ۲۰۱۹؛ آلیکادیکا و همکاران، ۲۰۱۹؛ ولکوویچ^۳ و همکاران، ۲۰۱۷) و همگن نبودن تأثیرات مورد انتظار تغییر اقلیم در مناطق کوهستانی (آلیکادیکا و همکاران، ۲۰۱۹)، بررسی توأم نقش ارقام مختلف انگور و خرداقلیم‌های مختلف در پاسخ فنولوژی و همچنین عملکرد انگور به تغییر اقلیم در مطالعات آینده استان آذربایجان غربی ضروری می‌باشد.

علاوه بر برآورد طول فصل رشد انگور برای دوره تاریخی ۲۰۰۵-۱۹۷۶، بر اساس متوسط GDD مورد نیاز برای تکمیل هر یک از سه مرحله فنولوژیکی انگور (جدول ۱) میانگین فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی برای دوره تاریخی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ و هر یک از دو دوره آینده ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و ۲۰۲۱-۲۰۷۱ برآورد شدند. شکل ۵ نتایج این بررسی را نشان می‌دهد. مقایسه فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی شکفتن جوانه تا گلدهی، گلدهی تا تغییر رنگ و تغییر رنگ تا برداشت دوره‌های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ با دوره تاریخی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ بیانگر کاهش فواصل به‌ویژه در مورد دوره آینده ۲۰۷۱-۲۱۰۰ است و به طور کلی، میانگین طول فصل رشد انگور در دوره‌های آینده ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ (به ترتیب با ۱۶۰ و ۱۳۰ روز) به طور معنی‌داری کمتر از دوره تاریخی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ (۱۷۰ روز) می‌باشد. این تفاوت عمدتاً ناشی از روند افزایشی دمای هوا و در نتیجه تأمین سریع‌تر نیاز گرمایی گیاه بوده است. همانطور که انتظار می‌رفت، میزان کاهش طول فصل رشد در دوره آینده ۲۰۷۱-۲۱۰۰ بسیار مشهودتر است. چرا که میانگین دمای کمینه و بیشینه روزانه در دوره آینده ۲۰۷۱-۲۱۰۰ بیشتر بوده و بنابراین درجه روزهای رشد زودتر تجمیع یافته و گیاه زودتر به بلوغ می‌رسد. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که تحت سناریوی RCP8.5، به طور میانگین، تعداد روزهای بین شکفتن جوانه تا برداشت حدود ۱۰ روز برای آینده نزدیک و حدود ۴۰ روز برای آینده دور نسبت به دوره تاریخی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ کاهش خواهد یافت. وایزارا و همکاران (۲۰۱۵) نیز با مقایسه طول فصل رشد چهار رقم انگور در دو دوره آینده ۲۰۳۹-۲۰۱۵ و ۲۰۹۹-۲۰۷۵ با دوره مرجع ۲۰۱۳-۱۹۶۰ در پرو نتیجه گرفتند که تحت سناریوی A1B طول فصل رشد انگور برای آینده دور به طور میانگین ۳۵ روز کمتر از دوره مرجع خواهد بود و کاهش طول فصل رشد در مورد دوره آینده دور بیشتر از دوره آینده نزدیک خواهد بود. جورکوئرا-فونتتا و اورگو-وردوگو (۲۰۱۰) نیز نتیجه گرفتند که وقوع زودتر مراحل فنولوژیکی انگور تحت سناریوی B2 در دوره آینده ۲۱۰۰-۲۰۷۰ شدیدتر از سناریوی A2 خواهد بود. آلیکادیکا و همکاران (۲۰۱۹) پیش‌بینی کردند که زمان برداشت در دوره آینده ۲۰۵۰-۲۰۲۱ یک تا دو هفته و در دوره آینده

1. van Leeuwen and Darriet
2. Helder
3. Wolkovich

نتیجه‌گیری کلی

بررسی تاریخ وقوع رخداد‌های فنولوژیکی انگور رقم بی‌دانه سفید در ایستگاه کهرئز نشان داد که تحت سناریوی RCP8.5، میانگین فواصل بین رخداد‌های فنولوژیکی در دوره‌های آینده ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ کاهش خواهد یافت. همچنین، به طور میانگین، طول فصل رشد

حدود ۱۰ روز برای ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و حدود ۴۰ روز برای ۲۱۰۰-۲۰۷۱ نسبت به دوره تاریخی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ کاهش خواهد یافت. این کاهش طول فصل رشد، چنانچه ناشی از وقوع دماهای بالا در دوره‌های حساس فنولوژیکی همچون گرده‌افشانی و گلدهی باشد، می‌تواند به طور معنی‌داری سبب کاهش عملکرد شود.

منابع

- علیزاده، ا. ۱۳۸۳. جمع‌آوری و شناسایی ارقام محلی انگور استان آذربایجان غربی. نهال و بذر، ۲۰(۱): ۱-۲۱.
- Bock, A., Sparks, T., Estrella, N. and Menzel, A. 2011. Changes in the phenology and composition of wine from Franconia, Germany. *Climate Research*, 50: 69–81.
- Cook, B.I. and Wolkovich, E.M. 2016. Climate change decouples drought from early wine grape harvests in France. *Nature Climate Change*, 6: 715–719.
- Déqué, M. 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change*, 57: 16-26.
- Duchene, E. and Schneider, C. 2005. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 93–99.
- FAO. 2016. Table and dried grapes, FAO-OIV Focus 2016 Report. ISBN 978-92-5-109708-3 (FAO)
- Fernández-González, M., Rodríguez-Rajo, F.J., Escuredo, O. and Aira, M.J. 2013. Influence of thermal requirement in the aerobiological and phenological behaviour of two grapevine varieties. *Aerobiologia*, 29: 523–535.
- Giorgi, F., Jones, C. and Asrar, G. 2009. Addressing climate information needs at the regional scale: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*, 8: 175–183.
- Gladstones, J. 1992. *Viticulture and environment*. Winetitles, Adelaide. 310 p.
- Hale, C.R. and Buttrose, M.S. 1974. Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 390–394.
- Hall, A. and Jones, G.V. 2009. Effect of potential atmospheric warming on temperature-based indices describing Australian winegrape growing conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15: 97–119.
- Helder, F. 2018. Vineyard mulching as a climate change adaptation measure: Future simulations for Alentejo, Portugal. *Agricultural Systems*, 164: 107–115.
- IPCC. 2014a. Climate change 2014: Mitigation of climate change. In: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press.
- IPCC. 2014b. Climate Change 2014: Synthesis Report, In: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds Core Writing Team, R.K. Pachauri, and L.A. Meyer (Geneva: IPCC), 151.
- Jones, G.V. 2007. Climate change: Observations, projections and general implications for viticulture and wine production, Working Paper No. 7.
- Jones, G.V. 2013. Winegrape phenology. In: Schwartz, M., (Ed), *Phenology: An Integrative Environmental Science*. pp. 563–584. Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- Jones, G.V. and Davis, R. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for bordeaux, france. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51 (3): 249-261.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R. and Storchmann, K. 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73: 319–343.
- Jorquera-Fontena, E. and Orrego-Verdugo, R. 2010. Impact of global warming on the phenology of a variety of grapevine grown in Southern Chile. *Agrociencia*, 44: 427-435.

- Keller, M.M. 2010. Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16: 56–69.
- Lhomme, J.P., Mougou, R. and Mansour, M. 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *Climatic Change*, 96: 549-564.
- Neethling, E., Petitjean, T., Quénot, H. and Barbeau, G. 2017. Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22: 777–803.
- Tomasi, D., Jones, G.V., Giust, M., Lovat, L. and Gaiotti, F. 2011. Grapevine phenology and climate change: relationships and trends in the Veneto Region of Italy from 1964–2009. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62 (3): 329–339.
- Van Leeuwen, C. and Darriet, P. 2016. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11 (1): 150-167.
- Van Leeuwen, C. and Seguin, G. 2006. The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17: 1–10.
- Webb, L. 2006. The impact of greenhouse gas-induced climate change on the Australian wine industry. Ph.D. thesis, University of Melbourne.
- Webb, L., Whetton, P., Barlow, E.W.R. 2007. Shifting viticulture suitability. *Aust NZ Grapegrower Winemaker August*: 43–47, Winetitles, Adelaide.
- Webb, L.B., Whetton, P.H. and Barlow, E.W.R. 2008. Climate change and winegrape quality in Australia. *Climate Research*, 36: 99–111.
- Webb, L.B., Whetton, P.H., Bhend, J., Darbyshire, R., Briggs, P.R. and Barlow, E.W.R. 2012. Earlier wine- grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. *Nature Climate Change*, 2: 259–264.
- White, M.A., Diffenbaugh, N.S., Jones, G.V., Pal, J.S. and Giorgi, F. 2006. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103: 11217–11222.
- Wilby, R.L., Troni, J., Biot, Y., Tedd, L., Hewitson, B.C., Smith, D.M. and Sutton, R.T. 2009. A review of climate risk information for adaptation and development planning. *International Journal of Climatology*, 29: 1193-1215.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kiewer, W.M. and Lider, L.A. 1974. *General viticulture*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Wolkovich, E.M., Burge, D.O., Walker, M.A. and Nicholas, K.A. 2017. Phenological diversity provides opportunities for climate change adaptation in winegrapes. *Journal of Ecology*, 105(4): 905-912.
- Yzarra, W., Sanabria, J., Caceres, H., Solis, O., and Lhomme, J.P. 2015. Impact of climate change on some grapevine varieties grown in Peru for pisco production. *OENO One*, 49(2): 103-112.