Research Paper

Investigating the Role of Extreme Cimate Profiles on Grape Yield (Case study: Qochan, Sabzevar and Kashmer)

Ali asgharzadeh[1] Gholamreza Janbaz Ghobadi[2] Sadraddin Motavll[3*], Majid taheryan[4] Mansoreh koohi[5]

[1] Phd student of Climatology - Islamic Azad University, Noor-Noor branch, Iran, Email: asghareali2000@gmail.com

[2]Associate Professor, Department of Natural Geography, Islamic Azad University, Noor Branch - Noor – Iran. Email: gghobadi@yahoo.com
[3]Associate Professor, Department of Natural Geography, Islamic Azad University, Noor Branch - Noor – Iran. Email: sadr_m1970@yahoo.com
[4]Assistant professor of research and training center for agriculture and natural resources Khorasan Razavi-Kashmir-Iran. Email: majidtaherian1@gamil.com
[5]Assistant professor at the Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences, Research Institute of Climatology and Climate Change, Mashhad-Mashhad-Iran.Email: man_koohi@yahoo.com

1 doi 10.22125/iwe.2024.463786.1814

Received:
June 19, 2025

Accepted:
October 2, 2024

Available online:

December 26, 2024

Keywords:
climate changes, extreme climate profiles, regression analysis, grape crop performance, Khorasan Razavi.

Abstract

Climate change is considered a serious threat by increasing the occurrence of extreme weather conditions such as heat waves and drought. This study investigates the effect of these extreme climate profiles on grape yield in the main grape growing areas in Khorasan Razavi province. By analyzing weather data along with grape yield records, this research identifies the phenological stages that are more exposed to limit profiles. The aim of this article is to understand how extreme climate profiles affect grape yield in Khorasan Razavi Examining the limit profiles showed that the driest region in Khorasan Razavi province is with 151.35 days in Kashmir and the wettest station in this study is Quchan with 84.35 days. The average maximum temperature in the three investigated stations showed that the maximum of this index was 25.25 degrees Celsius in Sabzevar and the minimum was calculated to be 19.69 degrees Celsius in Qochan. Stepwise regression analysis has shown that the percentage of days with maximum temperature less than tenth percentile (TX10P), consecutive wet days (CWD), number of days with heavy (R10mm) and very heavy (R20mm) precipitation, the range of diurnal changes Temperature (DTR), heat wave index (WSDI) and number of frost days (FD) are the most important indexes that influence grape yield. In general, the yield prediction model in terms of tons per hectare based on the threshold profiles affecting grape yield in selected stations of Khorasan Razavi province has had satisfactory results. So that the coefficient of determination in Kashmer station is calculated as 0.88, which shows that the produced regression model has high coefficients. The findings of this study showed that by reducing the negative effects of extreme climate profiles, the sustainability of grape production can be guaranteed and the future of the well-known viticulture industry of Khorasan Razavi can be preserved.

.

* Corresponding Author:g
Islamic Azad University, Noor Branch - Noor - Iran
Email: ggobadi@yahoo.com
Tel nomer:09112071080

1) Introduction

Investigating the role of climatic extreme variables on grape yield can provide a valuable insight into the sensitivity of specific grape varieties cultivated in the region to heat waves, drought and other extreme phenomena. There is an urgent need for research on the effect of extreme climatic variables on grape yield. Khorasan Razavi region has a continental climate with hot and dry summers and relatively cold winters. Current research on climatic extremes and grape yield may not be directly applicable to Khorasan Razavi. Factors such as the specific types of cultivated grapes, local soil conditions, and historical climate conditions necessitate the need for regional research. Also, viticulture plays a vital role in the economy of Khorasan Razavi. Understanding the impact of climate extremes on grape yield is essential for developing adaptation strategies to ensure the sustainability and profitability of the grape industry.Climatic factors play a significant role in the performance of grapes, such that temperature, rainfall and water availability are key determinants in the performance of this product.

2) Materials and Methods

Study area

The present research was conducted in Khorasan-Razavi province, focusing on three key grape-growing regions, including Qochan, Sabzevar, and Kashmer. The general climate of Khorasan Razavi province is considered continental, with hot and dry summers and cold winters. Due to the topographic diversity throughout the province, there are climatic differences between the regions, and these differences are evident in the three investigated stations. These three stations or three geographic regions in North-Eastern Iran are major grape growing areas. And it includes an important part of the economy of these three regions.

Research data

Data of synoptic meteorological stations

This study has used daily meteorological data for three stations of Qochan, Sabzevar and Kashmer. These data included minimum temperature, maximum temperature and precipitation. All the data are obtained from the Meteorological Organization of the country. The statistical period of the data used is a period of 30 years (1991-2020)

Grape yield data

The second data set included grape yield data for the respective stations. These data were obtained from the Agricultural Jihad Organization of Khorasan Razavi Province. These data were used in the regression equation.

Research Methodology

Identification of extreme climate profiles

This study has been used to identify and describe extreme climate profiles from the standardized indicators developed by the team of experts in climate change diagnosis and indexing (ETCCDI). Daily meteorological data (minimum temperature, maximum temperature and precipitation) for the desired stations (Qochan, Sabzevar and Kashmer) were used to calculate selected ETCCDI indices during the study period. By using ETCCDI standard profiles and appropriate data analysis techniques, the final goal of this research is to achieve a comprehensive understanding of the characteristics of climatic limit profiles in grape growing areas in Razavi Khorasan province. This information is critical to assess the potential impacts of climate change on grape production in this region.

Multiple regression analysis

Multiple linear regression analysis has been used to investigate the effect of climatic variables on grape yield. This statistical technique allows to model the relationship between a dependent variable (in this case, grape yield) and several independent variables (such as minimum temperature, maximum temperature and precipitation). The model is as follows:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (1)$$

In this relation, Y represents the dependent variable (grape yield performance), X_1, X_2 and X_3 represent the independent variables, β_0 represents the starting coefficient (the predicted value of Y when all independent variables are zero), β_1, β_2 and β_3 represent the coefficients are regressions that quantify the individual effect of each independent variable on Y and ε represents the error that represents unexplained variation in the model (Stolzenberg, 2004).

3) Results

Investigating the changes of precipitation limit profiles in selected stations of Khorasan Razavi province

Rainfall in Khorasan Razavi province has a lot of variability. The maximum of this profile is 311.13 mm in Qochan station and the minimum of this profile is 175.61 mm in Sabzevar. Based on the obtained results, the highest days with heavy rain in these three selected stations in Khorasan Razavi province were calculated with 10.70 days in Qochan station. After Qochan, Kashmir has the most consecutive wet days with 6.16 days among the selected stations in Khorasan Razavi province in this research. Finally, with 5.93 days of heavy rain, Sabzevar has the least number of days with heavy rain. Most of the days with heavy and very heavy rains in Khorasan-Razavi province occur at Qochan station, which is expected to cause more flooding in this region of the province than in other regions of the province.

The intensity of daily rainfall in Kashmer and Qochan stations is very close to each other. So this profile is 32.6 mm/day in Qochan and 33.6 mm/day in Kashmir. The value of the daily rainfall intensity index in Sabzevar is also calculated to be 5.78 mm/day. The high amount of daily rainfall intensity profile in Kashmir, which is a drier region than Qochan, can be a serious threat for flooding in this region and damage to agricultural and horticultural products. Also, the high intensity of daily rainfall can cause soil erosion, so it is necessary to formulate and implement the necessary plans in this field.

Investigating the changes of temperature limit profiles in selected stations of Khorasan Razavi province

In this research, four percentage-based profiles have been examined. The other two profiles are hot nights and hot days, which are shown by the abbreviations TN90p and TX90p. Hot nights show the percentage of days when the night temperature is greater than the 90th percentile of the base period, and hot days are the percentage of days where the daily temperature is greater than the 90th percentile of the base period. The index of warm nights in Sabzevar is 10.81%, in Kashmir 10.17% and in Qochan 10.70%. In the same way, the number of hot days in Sabzevar is 10.43%, in Qochan 10.22% and in Kashmir 9.87%.

Analysis of the relationship between climatic parameters on grape yield in selected stations of Khorasan Razavi province

According to the results of step-by-step regression in the first phenological stage of grapes, the minimum temperature (X1) is the first variable that entered the regression model and alone explained about 16.05% of yield changes in this stage of development. Then, the amount of cumulative precipitation (X2) justified about 12.39% of yield changes and was entered into the regression model, which together with the minimum temperature justified about 28.44% of yield changes at this stage. Finally, the final model for performance has been obtained as Y=29.88-0.432X1+0.046X2, the coefficient of determination has been calculated as 0.28.

In the second stage of grape growth, the stepwise regression results showed that the minimum temperature (X1) was the first variable that entered the model and had a positive relationship with yield, and alone justified about 17.9% of yield changes. After this variable, the amount of cumulative precipitation (X2) during this stage of plant growth was the second variable included in the regression model, which explained about 6.7% of the changes related to yield and had a negative relationship with yield, based on which the regression relationship can be written as Y=-21.98+0.251X1-0.019X2. The coefficient of determination is also 0.24.

According to the stepwise regression results in the third stage, the average humidity (X1) was the only variable that entered the regression model and explained about 19.97% of the yield changes in this stage of growth. The final model for performance in this stage is Y=-29.20-0.11X1, the coefficient of determination has decreased compared to the previous stages and reached 0.19.

According to the stepwise regression results in the fourth stage, the maximum temperature (X1) was the only variable that entered the regression model and explained about 24.75% of the yield changes in this stage of development. The final model for performance is obtained as Y=-79.42-1.37X1, which has a coefficient of determination of 0.24

4) Discussion and Conclusion

Examining the limit profiles in the selected stations of Khorasan Razavi province has shown that the driest region in Khorasan Razavi province is Kashmar with 151.35 days and the wettest station in this study is Quchan with 84.35 days. Sabzevar also has 141/16 consecutive dry days. The amount of precipitation in Khorasan Razavi province has a lot of variability. The maximum PRCPTOT profile is 311.13 mm in Qochan station and the minimum is 175.61 mm in Sabzevar.

Examining the temperature limit profiles has shown that the thermal duration profile or WSDI is the maximum in Sabzevar. Thus, in Sabzevar, it has the maximum WSDI profile with nearly 6 days (5.9 days). The daily temperature range profile (DTR) in Quchan has been calculated as 14.32 degrees Celsius. The minimum of this temperature limit profile is calculated in Kashmir with 11.80 degrees Celsius and in Sabzevar it is 13.18 degrees Celsius. Days of frost are a very important index in grape cultivation, and this index has a high coefficient of determination in the regression model. According to the obtained results, the maximum frost days and ice days are 89.92 days and 8.04 days in Qochan station. At the opposite point of frost days and ice days are summer days. The maximum of this profile was obtained in Sabzevar 191.3 days, in Kashmir 180.67 days and in Qochan 139.86 days.

The findings of the research emphasize the vulnerability of current grape varieties to climatic extremes and especially temperature extremes. Among the climatic variables, temperature is an effective factor in the grape production cycle, which affects the quantity and especially The quality of grapes is affected. One of the factors that sometimes causes the complete destruction of vineyards is the dangers caused by temperatures below zero degrees Celsius. Minimum temperatures below -15 degrees Celsius have been mentioned as destructive temperatures in vineyards.

5) Six important references

1) Sobhani, B., Safrian Zangir, V., Sediq Nia, A. (2019). Agroclimatic zoning of grape cultivation in Qara Su watershed using modern multi-criteria methods. Climatology Research, 2018(39), 123-138.
2) Shujaei, T., Falah Qalhari, G., Kashki, Abdolreza. (2019). Investigating the effects of climate change on the occurrence time of the biological threshold and the flowering stage of grapevine in Iran. Natural Geography Research, 52(1), 129-145.

3) Alizadeh, A; Babaian, A., Nouri, Hamid; Nejatian, Mohammad Ali. (2019). Investigating the effect of climate change on the quality of white seedless grapes (case study: Golmkan agricultural meteorological station). Climatology Research, 2019(43), 109-126.
4) Costea, D. C., & Căpruciu, R. (2022). The influence of environmental resources specific to the cultivation year over the grapevine growth and yield. " Annals of the University of Craiova-Agriculture Montanology Cadastre Series", 52(1), 95-100.
5) Costea, D. C., & Căpruciu, R. (2022). The influence of environmental resources specific to the cultivation year over the grapevine growth and yield. " Annals of the University of Craiova-Agriculture Montanology Cadastre Series", 52(1), 95-100.
6) Sun, Q., Granco, G., Groves, L., Voong, J., & Van Zyl, S. (2023). Viticultural manipulation and new technologies to address environmental challenges caused by climate change. Climate, 11(4), 83

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

بررسی نقش نمایه‌های حدی اقلیم بر عملکرد محصول انگور (مطالعه موردی: قوچان، سبزوار و کاشمر)

علی اصغر زاده [۱] غلامرضا جانباز قبادی*[۲] صدرالدین متولی[۳] مجید طاهریان[۴] منصوره کوهی[۵]

تاریخ ارسال:۱۴۰۳/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۷/۱۱

مقاله پژوهشی

چکیده

تغییرات آب و هوایی با افزایش وقوع نمایه‌های حدی آب و هوایی مانند امواج گرمایی و خشکسالی، تهدیدی جدی به شمار می‌رود. هدف این مطالعه، بررسی تأثیر نمایه‌های حدی اقلیمی بر مراحل فنولوژیکی و در نهایت عملکرد انگور در مناطق عمده کشت این محصول در استان خراسان رضوی است. برای این منظور، داده‌های آب و هوایی و سوابق عملکرد انگور مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. بر اساس این بررسی، کاشمر خشک‌ترین منطقه استان خراسان رضوی با ۱۵۱.۳۵ روز خشک در سال شناخته شد، در حالی که قوچان با ۸۴.۳۵ روز خشک، مرطوب‌ترین منطقه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. میانگین دمای بیشینه در سه ایستگاه مورد بررسی نشان داد که بیشینه این نمایه ۲۵/۲۵ درجه سلسیوس در سبزوار و کمینه آن ۱۹/۶۹ درجه سلسیوس در قوچان محاسبه شده است. بررسی تحلیل رگرسیون گام به گام نشان داده است که درصد روزهایی که دمای بیشینه کمتر از صدک دهم باشد (TX10P)، روزهای مرطوب متوالی (CWD)، تعداد روزهای با بارش سنگین (R10mm) و خیلی سنگین (R20mm)، دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR)، شاخص امواج گرمایی (WSDI) و تعداد روزهای یخبندان (FD) مهم‌ترین نمایه‌هایی هستند که بر عملکرد انگور تأثیر گذار هستند. بطور کلی مدل پیش‌بینی عملکرد بر حسب تن بر هکتار بر اساس نمایه‌های حدی تاثیرگذار بر عملکرد انگور در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی دارای نتایج رضایت بخشی بوده است. بطوریکه ضریب تعیین در ایستگاه کاشمر ۰/۸۸ محاسبه شده است که نشان می‌دهد مدل رگرسیونی تولید شده دارای ضرایب بالایی است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که با برنامه ریزی دقیق مدیریت ریسک، می‌توان پایداری تولید انگور را تضمین کرده و آینده صنعت تاکداری شناخته شده خراسان رضوی را حفظ کرد.

واژه‌های کلیدی: نمایه‌های حدی اقلیم،تحلیل رگرسیون،عملکرد محصول انگور ،خراسان رضوی

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور – نور- ایران asghareali200@gmail.com

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور – نور- ایران (نویسنده مسئول*) ggobadi@yahoo.com

۳- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور – نور- ایران sadr_m1970@yahoo.com

۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزشی کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی -کاشمر- ایران majidtaherian1@yahoo.com

۵- استادیار پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو پژوهشکده اقلیم شناسی و تغییر اقلیم –مشهد-ایران man_koohi@yahoo.com

مقدمه

انگور میوه حساسی است، این محصول در محدوده آب و هوایی خاصی رشد می‌کند و هر گونه انحراف قابل توجهی از اقلیم می‌تواند چرخه رشد آن را تحت تأثیر قرار دهد (Jones et al,2012). گرمای بیش از حد در فصل گلدهی می‌تواند منجر به میوه ضعیف شود و تعداد انگورهای در حال رشد و توسعه را کاهش دهد (Kliewer, 1977). برعکس، دوره‌های سرد غیرمعمول می‌توانند به گل‌ها و جوانه‌های ظریف آسیب برسانند.

آب عامل حیاتی دیگری است. خشکسالی می‌تواند تاک‌ها را تحت فشار قرار دهد و توانایی آن‌ها را برای تولید انگور سالم محدود کند (Gambetta et al,2020). برعکس، بارش بیش از حد می‌تواند منجر به بیماری‌های قارچی و رقیق شدن قندها و اسیدهایی شود که به طعم انگور کمک می‌کند (De Orduna, 2010). در حالی که میانگین دما و الگوهای بارش مهم هستند، به نظر می‌رسد پدیده‌های حدی بیشترین تأثیر را دارند (Westra و et al,2014). امواج گرمایی می‌توانند باعث آفتاب سوختگی روی انگور شوند و کیفیت آن‌ها را کاهش دهند. همچنین خشکسالی می‌تواند رشد محصول را متوقف کند و میوه را چروک کند (Sun et al,2023). از سوی دیگر زمان وقوع این پدیده‌های حدی نیز اهمیت دارد. یخبندان دیررس در طول جوانه زنی می‌تولند ویرانگر باشد، در حالی که دوره گرم در طول رسیدن محصول می‌تواند رشد قند را تسریع کند (Rienth et al,2016).

یکی از آشکارترین نشانه‌های تغییرات آب و هوایی، افزایش چشمگیر رویدادهای اقلیمی حدی و مخرب است. (McGeehin & Luber,2008).

این نوسانات می‌توانند به طور قابل توجهی بر رشد و نمو انگور تأثیر بگذارند و در نهایت بر عملکرد محصول نهایی اثر بگذارند (Keller, 2010). در این مطالعه، به دنبال یافتن ارتباط بین شرایط آب و هوایی و عملکرد انگور در استان خراسان رضوی هستیم تا بتوانیم عوامل اقلیمی تهدیدکننده محصول را شناسایی کنیم. با بهره‌گیری از این دانش، می‌توان استراتژی‌هایی را برای افزایش تاب‌آوری تاکستان‌ها در برابر رویدادهای اقلیمی حدی طراحی کرد (Duchêne at al,2010) . این استراتژی‌ها شامل انتخاب ارقام مقاوم‌تر، بهبود روش‌های آبیاری و اجرای اقداماتی برای کاهش آسیب‌پذیری تاکستان‌ها در برابر نوسانات دمایی و بارشی است (Bellvert at al,2021 ،).

بررسی نقش متغیرهای حدی اقلیم بر عملکرد محصول انگور می‌تواند بینش ارزشمندی در مورد حساسیت انواع خاص انگور کشت شده در منطقه به امواج گرمایی، خشکسالی و سایر پدیده‌های حدی ارائه دهد (Irimia at al,2018). شناسایی دقیق مراحل رشد انگور که بیشترین حساسیت را به شرایط نامساعد جوی نشان می‌دهند، به همراه توسعه روش‌های آبیاری کارآمد در دوره‌های خشک و جستجوی ارقام مقاوم به تغییرات آب و هوایی، گامی مهم در جهت مدیریت پایدار تاکستان‌ها محسوب می‌شود. (Wolkovich at al , 2017). با سرمایه‌گذاری صحیح و هدفمند در خصوص کشت انگور و تأثیر رویدادهای اقلیمی حدی بر تولید انگور، استان خراسان رضوی می‌تولند گامی مهم در جهت حفظ و توسعه صنعت تاکداری بردارد. این سرمایه‌گذاری نه تنها به بهبود عملکرد و کیفیت انگور منجر می‌شود، بلکه به پایداری اقتصادی منطقه نیز کمک شایانی خواهد کرد و تضمینی است برای ادامه تولید انگور مرغوب در نسل‌های آینده.

عوامل اقلیمی نقش بسزایی را در عملکرد انگور دارند، به گونه‌ای که دما، بارش و دسترسی به آب، تعیین کننده‌های کلیدی در عملکرد این محصول به شمار می‌روند.(Englefield & Forster, 2021) در استرالیا نشان دادند که در شرایط آبیاری مناسب، مصرف آب و رشد انگور تحت تأثیر قابل توجهی از دماهای حدی قرار نمی‌گیرد. نتایج این تحقیق اهمیت مدیریت آبیاری در طول امواج گرمایی را برجسته می‌سازد. یافته‌های (Costea & Căpruciu 2022,) حاکی از آن است که شرایط اکولوژیکی و شرایط پدوا-اقلیمی (خاک و اقلیم) عوامل کلیدی مؤثر بر کشت انگور و کیفیت محصول نهایی هستند. این یافته‌ها نیاز به ارزیابی و سازگاری مداوم با

تغییرات محیطی را مورد تاکید قرار می‌دهند. پژوهش (Puga et al,2022)نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی در استرالیا بر عملکرد انگور تاثیرات متفاوتی داشته باشد، به طوری که مناطق خنک‌تر به طور بالقوه عملکرد بالاتری را تجربه کنند در حالی که مناطق گرمتر ممکن است شاهد کاهش عملکرد محصول باشند. مطالعه‌ای که اخیراً در پرتغال انجام شده (Costea & Costea, 2022،)، نشان می‌دهد که افزایش شدید دما در مناطق غربی و کاهش قابل توجه بارندگی در مناطق شمال شرقی، تولید انگور را با خطر جدی مواجه کرده است. همچنین (Ghiglieno et al,2023) نشان دادند که کیفیت انگور به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط میکرو اقلیمی، مانند دمای هوا و دسترسی به آب قرار می‌گیرد. این عوامل بر غلظت قند و اسید در انگور و محتوای ترکیبات فرار تأثیر گذاشته می‌گذارند. علاوه بر این (Anastasiou et al 2023, نشان دادند که پارامترهای خاک و اقلیم نیز بر عملکرد و کیفیت انگور تاکستانی تأثیر قابل توجهی دارند. این موضوع اهمیت درک اثر ترکیبی شرایط آب و هوایی و خاک را برای توسعه روش‌های دقیق تاکداری برجسته می‌سازد.

همانطور که پیش‌تر نیز گفته شد نمایه‌های حدی اقلیم نقش بسزایی در تحت تأثیر قرار دادن عملکرد انگور دارند. مطالعات نشان می‌دهد که این تأثیر بر اساس مناطق مختلف متغیر است. (Rouxinol et al ,2023) نشان دادند که نمایه‌های حدی آب و هوایی مانند امواج گرمایی می‌توانند به طور قابل توجهی بر رسیدن و کیفیت انگور تأثیر بگذارند. این نمایه‌های بر اندازه دانه، ضخامت پوست و شکل گیری ترکیبات کلیدی مانند فنول‌ها اثر می‌گذارند که اهمیت پایش شرایط اقلیمی برای ارزیابی کیفیت انگور را تاکید می‌کند.

در ایران نیز مطالعات مختلفی به بررسی نقش متغیرهای اقلیمی بر عملکرد انگور و آستانه‌های زیستی آن پرداختند. از جمله مطالعات انجام شده می‌توان به پژوهش توان‌سنجی کشت درخت انگور در ایران براساس شرایط اقلیمی ایران اشاره کرد که توسط شجاعی و همکاران (۱۳۹۸) انجام شده است. آن‌ها با استفاده از داده‌های ۲۰۰ ایستگاه هواشناسی ایران مناطق مستعد کشت انگور را مشخص کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مناطق مناسب کشت درخت انگور منطبق بر دامنه‌های مناطق کوهستانی و نسبتاً مرتفع در نیمه غربی، شمال غرب، شمال شرق و مناطق پراکنده مرکز، شرق و جنوب شرق قرار دارد. محدوده مناسب کشت درختان انگور ۴۲ درصد از سطح مساحت کشور را شامل می‌شود. در تحقیقی دیگر علیزاده و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر تولید انگور بی دانه سفید در گلمگان پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شبیه سازی عملکرد انگور در آینده تحت هر دو سناریوی RCP4.5 وRCP8.5 حداقل عملکرد به ترتیب ۲/۷ و۲/۰۴ و حداکثر عملکرد ۲/۳ و ۳ تن در هکتار خواهد بود. بطور میانگین عملکرد انگور ۰/۵۴و ۰/۸۶ تن در هکتار کاهش پیدا خواهد نمود. علیزاده و همکاران (۱۳۹۹) اثر تغییر اقلیم را برکیفیت انگور بی دانه سفید در گلمکان مطالعه کردند و نشان دادند که تحت هر دو سناریو وزن خوشه، اندازه خوشه، طول میوه، عرض میوه، قند، pH، TSS بریکس، اسیدیته و وزن حبه به صورت کاهشی پیش بینی می‌شود. در RCP8.5 میزان تغییرات بیشتر از RCP4.5 می‌باشد.

پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت انگور در حوضه آبخیز قره سو است پژوهشی است که توسط سبحانی و همکاران (۱۳۹۹) انجام شده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده است که نواحی شرقی حوضه قره سو از قبیل ایستگاه‌های اردبیل، نیر و نمین با توجه به شرایط دمایی و طول روز نامناسب، نواحی مرکزی و غربی از قبیل ایستگاه‌های مشکین شهر، مشیران، دوست بیگلو و لاهرود با توجه به شرایط دمایی، درجه روز و بارش مناسب و نواحی جنوبی حوضه در ایستگاه کلیبر به علت شرایط مطلوب اقلیمی خیلی مناسب برای کشت انگور می‌باشد. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر زمان رخداد آستانهٔ زیستی و مرحلهٔ گُل دهی درخت انگور در ایران تحقیقی است که توسط شجاعی و همکاران (۱۳۹۹) انجام شده است. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داده است که با توجه به افزیش دمای هوا، زمان رخداد آستانهٔ زیستی و مراحل فنولوژیکی درخت انگور در دورهٔ آینده نسبت به دورهٔ گذشته در زمان

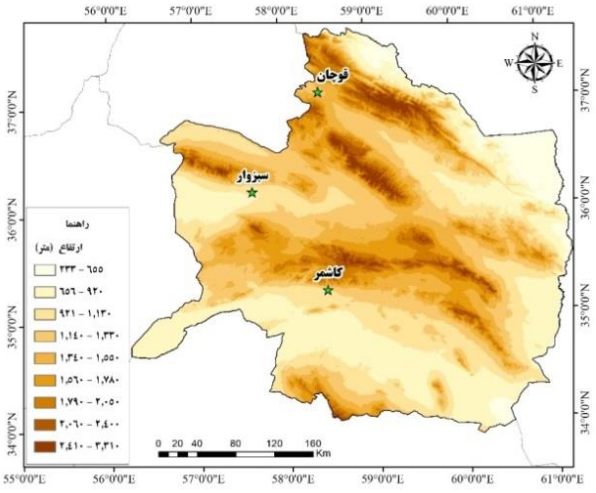
جلوتری تکمیل خواهد شد؛ به‌طوری‌که در الگوی واداشتی بدبینانه، زمان رخداد آستانهٔ زیستی در آیندهٔ میانی و دور ۸ تا ۱۶ روز و زمان گُل‌دهی نیز ۶ تا ۱۶ روز، جلوتر رخ خواهد داد.

استان خراسان رضوی به عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید انگور در ایران، با توجه به ویژگی‌های اقلیمی خاص خود، به شدت تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار دارد. این استان با دارا بودن آب و هوای قاره‌ای و نوسانات دمایی شدید، مستعد وقوع پدیده‌های اقلیمی حدی است که می‌تولند به طور قلبل توجهی بر عملکرد انگور تأثیر بگذارد. تاکنون تحقیقات محدودی در خصوص تأثیر مستقیم این پدیده‌ها بر عملکرد انگور در منطقه خراسان رضوی انجام شده است. از آنجایی که عوامل مختلفی مانند تنوع ارقام انگور، ویژگی‌های خاک و تاریخچه‌ی اقلیمی هر منطقه، بر پاسخ گیاه به تغییرات اقلیمی مؤثر است، انجام مطالعات منطقه‌ای در این زمینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به نقش محوری تاکداری در اقتصاد استان، درک عمیق از تأثیر پدیده‌های اقلیمی حدی بر عملکرد انگور، گامی ضروری در جهت توسعه استراتژی‌های سازگاری و تضمین پایداری این صنعت محسوب می‌شود.

داده و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در استان خراسان رضوی و با تمرکز بر سه منطقه کلیدی کشت انگور شامل قوچان، سبزوار و کاشمر انجام شد. انتخاب این ایستگاه‌ها به دلیل اهمیت آن‌ها در صنعت انگور استان خراسان رضوی بوده است. آب و هوای کلی استان خراسان رضوی قاره‌ای در نظر گرفته می‌شود، بطوریکه با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد همراه است. به دلیل تنوع توپوگرافی در سراسر استان، بین مناطق، تفاوت‌های آب و هوایی وجود دارد که این تفاوت‌ها در سه ایستگاه مورد بررسی دارای نمود آشکاری است. قوچان به دلیل نزدیکی به مناطق کوهستانی دارای اقلیم سردتر و بارش‌های بیشتر به نسبت دو ایستگاه بعدی است. سبزوار با توجه به موقعیت خاص آن، به دلیل قرارگیری در منطقه‌ای انتقالی بین کوه‌ها و دشت‌ها قرار دارد و در نهایت کاشمر شرایط گرم و خشکی را دارد. با این حال این سه ایستگاه یا سه منطقه جغرافیایی در شمال‌شرقی ایران از مناطق عمده کشت انگور هستند و بخش مهمی از اقتصاد این سه منطقه را در بر می‌گیرد



شکل (۱):. موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد بررسی در استان خراسان رضوی

داده‌های تحقیق

داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک

این مطالعه از داده‌های هواشناسی روزانه برای سه ایستگاه اصلی کشت انگور در استان خراسان رضوی، ایران شامل ایستگاه‌های قوچان، سبزوار و کاشمر استفاده کرده است. این داده‌ها شامل حداقل دما، حداکثر دما و بارش بوده است. تمامی داده‌ها از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است. دوره آماری داده‌های مورد استفاده یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۱) است.

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی روزانه مربوط به حداقل دما، حداکثر دما و بارش تحت رویه‌های کنترل کیفی قرار گرفتند تا از دقت و قابلیت این داده‌ها اطمینان نتایج اطمینان حاصل شود. در مرحله نرمال بودن توزیع داده‌ها برای هر متغیر هواشناسی (حداقل دما، حداکثر دما و بارش) در هر ایستگاه (قوچان، سبزوار و کاشمر) مورد ارزیابی قرار گرفت و نرمال بودن داده‌ها تأیید شده است. علت بررسی آزمون نرمال بودن داده‌ها به دلیل شناسایی انحرافات از توزیع نرمال است که می‌تواند به در درک بهتر فرایندهای اقلیمی کمک کند. برای مثال، وجود داده‌های پرت یا وجود چندین قله در نمودار هیستوگرام ممکن است نشان‌دهنده رخدادهای اقلیمی خاصی باشد. لذا بر این اساس داده‌های پرت مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌هایی که در مقیاس روزانه بیش از ۳ انحراف معیار داشتند از کل داده‌ها حذف شدند.

داده‌های عملکرد محصول انگور

دومین مجموعه داده شامل داده‌های عملکرد محصول انگور برای ایستگاه‌های مربوطه بوده است. داده‌های عملکرد محصول جهاد کشاورزی ایران، مجموعه گسترده‌ای از اطلاعات عددی است که به توصیف میزان تولید محصولات کشاورزی مختلف در مناطق و دوره‌های زمانی گوناگون کشور می‌پردازد. این داده‌ها از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی به دست آمده است. از این داده‌ها برای استفاده در معادله رگرسیونی استفاده شده است.

روش تحقیق

شناسایی نمایه‌های حدی آب و هوایی

در این پژوهش، از شاخص‌های استاندارد اقلیمی که توسط گروه کارشناسان تشخیص و شاخص‌گذاری تغییر اقلیم (ETCCDI) تعریف شده‌اند، برای شناسایی و توصیف رویدادهای آب و هوایی شدید استفاده شده است. این نمایه‌ها به طور گسترده در تحقیقات مربوط به تغییر اقلیم شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند و چارچوبی منسجم برای تجزیه و تحلیل نمایه‌های حدی در مناطق مختلف ارائه می‌دهند (Hong و همکاران، ۲۰۱۸). چارچوب ETCCDI شامل مجموعه‌ای از نمایه‌ها است که جنبه‌های مختلف نمایه‌های حدی آب و هوایی را کمی‌سازی می‌کنند. نمایه‌های حدی به دو گروه نمایه‌های حدی دما و بارش تقسیم می‌شوند. شاخص‌های حدی دما، مانند تعداد روزهای گرم‌تر از آستانه مشخص یا تعداد روزهای یخبندان، ابزاری موثر برای توصیف پدیده‌هایی همچون موج‌های گرما و دوره‌های سرد هستند. در مقابل نمایه‌های حدی بارش، شامل نمایه‌هایی مانند تعداد روزهای خشک متوالی، حداکثر روزهای متوالی بارش یا میزان بارش فراتر از یک حد آستانه خاص است (Zhang و همکاران، ۲۰۱۱).

داده‌های هواشناسی روزانه (حداقل دما، حداکثر دما و بارش) برای ایستگاه‌های مورد نظر (قوچان، سبزوار و کاشمر) برای محاسبه نمایه‌های منتخب ETCCDI در طول دوره مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. با استفاده از نمایه‌های استلندارد ETCCDI و تکنیک‌های مناسب تجزیه و تحلیل داده‌ها، هدف نهایی این تحقیق دستیابی به درک جامعی از ویژگی‌های نمایه‌های حدی آب و هوایی در مناطق کشت انگور در استان خراسان رضوی است. این اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات بالقوه تغییر اقلیم بر تولید انگور در این منطقه حیاتی است.

جدول (۱) نمایه‌های حدی دما و بارش گروه کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها مورد استفاده در این تحقیق (Zhang و همکاران، ۲۰۱۱)

نمایه	تعریف	واحد
FD	روزهای یخبندان: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه روزانه کوچکتر از صفر درجه سلسیوس باشد	روز
GSL	طول فصل رشد در سال	روز
TXx	بزرگ‌ترین دمای بیشینه: میزان حداکثر دمای بیشینه روزانه در ماه	درجه سلسیوس
TXn	کوچک‌ترین دمای بیشینه: میزان حداقل دمای کمینه روزانه در ماه	درجه سلسیوس
TNx	بزرگ‌ترین دمای کمینه: میزان حداکثر دمای کمینه در ماه	درجه سلسیوس
TNm	میانگین دمای کمینه روزانه	درجه سلسیوس
TXm	میانگین دمای بیشینه روزانه	درجه سلسیوس
TMm	میانگین دمای روزانه	درجه سلسیوس
TNn	کوچک‌ترین دمای کمینه: میزان حداقل دمای کمینه در ماه	درجه سلسیوس
WSDI	موج گرما: تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیشتر از صدک ۹۰ ام دوره مبنا باشد	روز
CSDI	موج سرما: تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز متوالی دمای شبانه کوچکتر از صدک ۱۰ ام دوره مبنا باشد	روز
DTR	دامنه دمای شبانه‌روزی: تفاوت میانگین ماهانه دمای روزانه و شبانه	درجه سلسیوس
RX1day	بیشترین مقدار بارش یک‌روزه: بیشترین بارش یک‌روزه در ماه	میلی‌متر
SDII	نمایه ساده شدت بارش روزانه: از تقسیم مقدار کل بارش سالانه بر تعداد روزهای بارشی (دستکم ۱ میلیمتر) سالانه به دست می‌آید.	میلی‌متر در روز
R10mm	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دستکم ۱۰ میلی‌متر باشد	روز
CDD	روزهای متوالی خشک: بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش کمتر از ۱ میلی‌متر باشد	روز
CWD	روزهای متوالی مرطوب: بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیشتر از ۱ میلی‌متر باشد	روز
PRCPTOT	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه: مقدار کل بارش روزهای مرطوب (مقدار بارش دستکم از ۱ میلیمتر بیشتر باشد) سالانه	میلی‌متر

تحلیل رگرسیون چندگانه

برای بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصول انگور، از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه استفاده شده است. رگرسیون گام به گام یک روش آماری است که برای انتخاب بهینه‌ترین زیرمجموعه‌ای از متغیرهای پیش‌گو در یک مدل رگرسیونی چندگانه به کار می‌رود. در این روش، متغیرهای پیش‌گو به صورت تدریجی و گام به گام وارد یا از مدل حذف می‌شوند تا بهترین مدل با کمترین تعداد متغیر و بیشترین قدرت پیش‌بینی به دست آید. این روش به ویژه زمانی مفید است که تعداد متغیرهای مستقل زیاد باشد و انتخاب بهترین مدل به صورت دستی بسیار زمان‌بر و پیچیده باشد (Evans et al, 2009). این تکنیک آماری این امکان را می‌دهد تا رابطه بین یک متغیر وابسته (در این مورد، عملکرد محصول انگور) و چندین متغیر مستقل (همانند حداقل دما، حداکثر دما و بارش) را مدل‌سازی کرد. مدل به شکل کلی زیر است:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \qquad (1)$$

در این رابطه، Y نشان‌دهنده متغیر وابسته (عملکرد محصول انگور) است، X_1، X_2 و X_3 نشان‌دهنده متغیرهای مستقل هستند، β_0 نشان‌دهنده ضریب شروع (مقدار پیش‌بینی‌شده Y زمانی که همه متغیرهای مستقل صفر باشند) است، β_1، β_2 و β_3 نشان‌دهنده ضرایب رگرسیون هستند که اثر فردی هر متغیر مستقل بر Y را کمی می‌کنند و ε نشان‌دهنده خطا است که بیانگر تغییرات تبیین‌نشده در مدل است (Stolzenberg, 2004).

تحلیل رگرسیون، در واقع ضرایب رگرسیون (β) را برآورد کرده و معنی‌دار بودن آنها را ارزیابی می‌کند (Mekanik et al, 2013). تحلیل‌های آماری مربوط به

رگرسیون در محیط نرم افزاری SPSS انجام شده است. یک ضریب معنی‌دار از لحاظ آماری نشان می‌دهد که متغیر اقلیمی مربوطه تأثیر با اهمیتی آماری بر عملکرد محصول انگور دارد، تأثیر مثبت یا منفی بودن آن بستگی به علامت ضریب دارد.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات نمایه‌های حدی بارش در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی

جدول (۲) نمایه‌های حدی بارش مورد بررسی در سه ایستگاه قوچان، سبزوار و کاشمر را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان می دهد، روزهای خشک متوالی (CDD) در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی از شمال به جنوب دارای روند افزایشی است. روزهای خشک متوالی را می‌توان نمایه‌ای خشکسالی در نظر گرفت بر این اساس خشک‌ترین منطقه در استان خراسان رضوی را با ۱۵۱/۳۵ روز در کاشمر و مرطوب‌ترین ایستگاه در این مطالعه با ۸۴/۳۵ روز قوچان است. سبزوار نیز ۱۴۱/۱۶ روز خشک متوالی را دارد. روزهای مرطوب متوالی نمایه مقابل روزهای خشک متوالی است. بر اساس نتایج به دست آمده قوچان با ۳/۹۳ روز متوالی مرطوب، مرطوب‌ترین ایستگاه در این مطالعه و سبزوار و قوچان با ۳/۴۱ و ۳/۵۸ روز مرطوب متوالی پس از ایستگاه قوچان قرار دارند.

مقدار بارش در روزهای بارشی که با نمایه PRCPTOT مشخص شده است، نشان می‌دهد که بارش در استان خراسان رضوی دارای تغییرپذیری زیادی است. بیشینه این نمایه با ۳۱۱/۱۳ میلی متر در ایستگاه قوچان و کمینه این نمایه با ۱۷۵/۶۱ میلی متر در سبزوار به دست آمده است. مقدار نمایه PRCPTOT در ایستگاه کاشمر ۱۸۷/۵۵ میلی متر به دست آمده است. در مناطق خشک و نیمه خشکی همانند خراسان رضوی یا در مقیاس بزرگتر در شمال شرقی ایران روزهای همراه با بارش سنگین (R10mm) و روزهای همراه بارش خیلی سنگین (R20mm) دو نمایه بسیار مهم بخصوص برای سیل خیزی هستند. این دو نمایه همچنین تأثیر مهمی در کشاورزی و فرسایش خاک دارند. بر اساس نتایج به دست آمده بالاترین روزهای همراه با بارش سنگین در این سه ایستگاه منتخب در استان خراسان رضوی با ۱۰/۷۰ روز در ایستگاه قوچان محاسبه شده است. پس از قوچان، کاشمر با ۶/۱۶ روز بیشترین روزهای مرطوب متوالی را در بین ایستگاه‌های منتخب در استان خراسان رضوی در این تحقیق دارد. در نهایت سبزوار با ۵/۹۳ روز بارش سنگین کمینه روزهای همراه با بارش سنگین را دارد. روزهای همراه با بارش خیلی سنگین با نمایه R20mm و R25mm نشان داده شده است. این نمایه نیز همانند نمایه روزهای همراه با بارش سنگین بیشینه شاخص در ایستگاه قوچان با ۲/۰۳ روز و کمینه آن با ۱ روز ایستگاه سبزوار اتفاق افتاده است. مقدار این نمایه در ایستگاه کاشمر ۱/۴۱ روز به دست آمده است. بر این اساس بیشینه روزهای همراه با بارش سنگین و خیلی سنگین در استان خراسان رضوی در ایستگاه قوچان اتفاق می افتد که انتظار می‌رود در این منطقه از استان مقدار سیل خیزی بیشتر از سایر مناطق استان باشد.

دو نمایه R95p و R99p نشان دهنده روزهای خیلی مرطوب هستند. بطوریکه این دو نمایه به ترتیب مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ ام و ۹۹ ام دوره مبنا باشند را محاسبه می‌کنند. بر اساس نتایج به دست آمده بیشینه این دو نمایه در ایستگاه قوچان محاسبه شده است. بطوریکه مقدار نمایه صدک ۹۵ ام بارش در قوچان ۵۶/۹۷ میلی متر و صدک ۹۹ ام بارش ۱۶/۳۶ میلی متر محاسبه شده است. پس از قوچان ایستگاه کاشمر بالاترین مقدار را دارد بطوریکه مقدار دو نمایه R95p و R99p به ترتیب در این ایستگاه ۳۹/۵۲ و ۱۱/۰۹ میلی متر محاسبه شده است. کمینه این دو نمایه نیز در ایستگاه سبزوار به دست آمده است که مقادیر آن در جدول (۲) ارائه شده است.

نمایه‌های بیشینه بارش یک روزه (RX1DAY) و بیشینه بارش پنج روزه (RX5DAY) دو نمایه بسیار مهم در پتانسیل سیل خیزی یک منطقه و بارش‌های رگباری و

سیل آسا هستند. این دو نمایه همچنین نقش بسیار مهمی را در در حوزه کشـــاورزی و منـابع آب دارنـد بطوریکـه می‌توانند خسارت زیادی را به زیر ساخت‌های کشاورزی و منابع آب وارد کنند. بر اساس نتایج به دست آمده بیشینه بارش یک روزه و پنج روزه در اســتان خراســان رضــوی به ترتیب با مقادیر ۲۷/۷۷ میلی متر و ۴۷/۱۶ میلی متر در ایستگاه قوچان محاسبه شده است. پس از قوچان بالاترین مقدار این دو نمایه به ترتیب با ۲۶/۱۶ میلی متر و ۴۰/۹۵ میلی متر در ایســتگاه کاشـمر محاسـبه شـده اسـت. نتایج همچنین نشـان داده اسـت که بیشـینه بارش یک روزه در ایستگاه سبزوار ۲۲/۲۵ میلی متر و بیشینه بارش پنج روزه در این ایســتگاه ۳۶/۲۳ میلی متر به دسـت آمده اسـت. در نهایت نمایه SDII شـــدت بارش روزانه را نشـــان می‌دهد. شـدت بارش روزانه در دو ایسـتگاه کاشـمر و قوچان بسـیار نزدیک به یکدیگر اســـت. به طوریکه این نمایه در قوچان ۶/۳۲ میلی متر/روز و در کاشـــمر ۶/۳۳ میلی متر/روز به دســت آمده اســت. مقدار شـاخص شـدت بارش روزانه در سـبزوار نیز ۵/۷۸ میلی متر/روز محاسـبه شـده است. مقدار زیاد نمایـه شـــدت بارش روزانـه در کاشـــمر کـه منطقـه خشـــک‌تری نســـبت به قوچان اســـت می‌تواند یک تهدید جدی برای ســـیل خیزی در این منطقه و خســـارت به محصـولات کشـاورزی و باغی باشـد. همچنین شـدت بالای بارش روزانه می‌تواند باعث فرسایش خاک نیز شود که لازم است برنامه‌های لازم در این زمینه تدوین و عملیاتی شود.

جدول (۲). نمایه‌های حدی بارشی سه ایستگاه منتخب در استان خراسان رضوی

نمایه	قوچان	سبزوار	کاشمر
CDD	۸۴/۳۵	۱۴۱/۱۶	۱۵۱/۳۵
CWD	۳/۹۳	۳/۴۱	۳/۵۸
PRCPTOT	۳۱۱/۱۳	۱۷۵/۶۱	۱۸۷/۵۵
R10MM	۱۰/۷۰	۵/۹۳	۶/۱۶
R20MM	۲/۰۳	۱	۱/۴۱
R25MM	۰/۹۰	۱/۴۵	۰/۶۷
R95P	۵۶/۹۷	۳۳/۰۱	۳۹/۵۲
R99P	۱۶/۳۶	۷/۶۷	۱۱/۰۹
RX1DAY	۲۷/۷۷	۲۲/۲۵	۲۶/۱۶
RX5DAY	۴۷/۱۶	۳۶/۲۳	۴۰/۹۵
SDII	۶/۳۲	۵/۷۸	۶/۳۳

بررســـی تغییرات نمـایـه‌هـای حـدی دمـا در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی

جـدول (۳) هجـده نمـایـه‌هـای حـدی دمـا را برای ایســتگاه‌های منتخب در اســتان خراســان رضــوی نشــان می‌دهد. دو نمایه طول مدت موج گرما (WSDI) و طول مدت موج سـرما (CSDI) به ترتیب تعداد روزهای از سـال که حداقل ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیشتر از صدک ۹۰ ام دوره مبنا باشـد و تعداد روزهای از سـال که حداقل ۶ روز متوالی دمای شبانه کوچکتر از صدک ۱۰ام دوره مبنا باشد را بررســـی می‌نمایند. نمایه طول مدت ســـرما در قوچان ۴/۹۲ روز، سـبزوار ۵/۲۴ روز و کاشـمر ۳/۸۷ روز محاسـبه شـده اسـت. بر این اسـاس طول مدت سـرمایی در سـبزوار بیشتر از سه ایستگاه دیگر در استان خراسان رضوی است. نمایه طول مدت گرمایی یا WSDI نیز در سـبزوار بیشـینه اســـت. بطوریکه در ســـبزوار با نزدیک به ۶ روز (۵/۹ روز) بیشـــینه نمایه WSDI را دارا می‌باشـــد. پس از ســـبزوار بیشـــینه نمایه WSDI در کاشـــمر با ۴/۸۹ روز مشـــاهده می‌شـود و در نهایت کمینه این نمایه ۳/۷۶ روز محاســـبه شده است.

نمایه دامنه شبانه روزی دما (DTR) در قوچان ۱۴/۳۲ درجه سـلسـیوس به دسـت آمده اسـت. کمینه این نمایه حدی دما در کاشـمر با ۱۱/۸۰ درجه روز محاسـبه شـده

است و در سبزوار ۱۳/۱۸ درجه سلسیوس محاسبه شده است. شاخص DTR از جمله شاخص‌های کلیدی در مطالعات اقلیم‌شناسی کشاورزی بوده و به ویژه در محاسبه درجه‌روز رشد و درجه‌روز انرژی کاربرد وسیعی دارد. تغییرات این نمایه می‌تواند در مصرف در مصرف انرژی در منازل مسکونی و حتی گلخانه‌ها مورد توجه باشد. هر چه مقدار این نمایه بیشتر باشد همانطور که در قوچان دیده می‌شود نشان دهنده اختلاف بیشتر دمای کمینه و بیشینه در آن منطقه است. بر این اساس می‌توان اذعان داشت که اختلاف بین دمای کمینه و بیشینه در این ایستگاه بیشتر از دو ایستگاه در در استان خراسان رضوی است.

نمایه روزهای یخبندان (FD) تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه روزانه کوچکتر از صفر درجه سلسیوس باشد و نمایه روزهای یخی (ID) تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه کوچکتر از صفر درجه سلسیوس باشد را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج به دست آمده بیشینه روزهای یخبندان و روزهای یخی ۸۹/۹۲ روز و ۸/۰۴ روز در ایستگاه قوچان محاسبه شده است. این مقدار بیشینه در ایستگاه قوچان به دلیل ارتفاع بیشتر و عرض جغرافیایی بالاتر دور از انتظار نبوده است. پس از قوچان بالاترین روزهای یخبندان در سبزوار ۳۷/۰۸ روز و کاشمر ۳۳/۳۵ روز محاسبه شده است. روزهای یخی نیز در کاشمر ۱/۲۵ روز و در سبزوار تنها یک روز به دست آمده است.

روزهای تابستانی (SU) و شب‌های حاره‌ای (TR) دو نمایه‌ای هستند که نشان می‌دهند که دمای روزانه و دمای شبانه به ترتیب بالاتر از ۲۵ و ۲۰ درجه سلسیوس برسند. بر اساس نتایج به دست آمده روزهای تابستانی در سبزوار ۱۹۱/۳ روز، در کاشمر ۱۸۰/۶۷ روز و در قوچان ۱۳۹/۸۶ روز به دست آمده است. این نتیجه نشان می‌دهد که روزهایی با دمای بیشینه بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس در سبزوار بیش از ۵۲ درصد روزهای سال را در بر می‌گیرد. شب‌های حاره‌ای نیز در سبزوار ۹۳/۹۶ روز، کاشمر ۸۷/۸۴ روز و در قوچان ۲/۱۹ روز محاسبه شده است. بر این اساس بیش از یک چهارم روزهای سال در سبزوار دمای کمینه بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس دارد.

نمایه طول فصل رشد یا GSL یک نمایه حدی بسیار مهم است این نمایه تعداد روزهای سالیانه بین اولین وقوع ۶ روز متوالی با $TM > 5$ درجه سلسیوس و اولین وقوع ۶ روز متوالی با $TM < 5$ درجه سلسیوس را مورد بررسی قرار می‌دهد. منظور از TM دمای میانگین است. بر این اساس مقدار این نمایه در مناطق خشک بالاتر از سایر مناطق است. بطوریکه این نمایه در سبزوار ۳۴۲/۰۶ روز، در کاشمر ۳۴۱/۹۵ روز و در قوچان ۲۷۴/۳۸ روز محاسبه شده است. بررسی دو نمایه میانگین دمای بیشینه و دمای کمینه از این نظر دارای اهمیت است که هر گونه تغییر در این این نمایه باعث تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بر بسیار از نمایه‌های حدی دما از جمله DTR خواهد شد. در واقع نمایه DTR از اختلاف این دو نمایه به دست می‌آید. نتایج نشان داده است که میانگین دمای بیشینه در سه ایستگاه مورد بررسی به ترتیب از بزرگ به کوچک در سبزوار، کاشمر و قوچان به دست آمده است. بیشینه این نمایه ۲۵/۲۵ درجه سلسیوس و کمینه آن ۱۹/۶۹ درجه سلسیوس محاسبه شده است. میانگین دمای کمینه نیز در از شمال به جنوب در استان خراسان رضوی دارای روند افزایشی است. بیشینه این نمایه با ۱۲/۲۳ درجه سلسیوس در کاشمر و کمینه آن با ۶/۰۲ درجه سلسیوس در قوچان به دست آمده است.

در مباحث تغییر اقلیم و بخصوص در کشاورزی نمایه‌های مطلق دارای اهمیت بیشتری نسبت به میانگین هستند. در این تحقیق نمایه‌های مطلق نیز مورد بررس قرار گرفته‌اند. در این تحقیق چهار نمایه مطلق مورد بررسی قرار گرفته است که دو نمایه برای دمای کمینه و دو نمایه برای دمای بیشینه است. نمایه‌های TNn و TNx به ترتیت کوچک‌ترین دمای کمینه که مقدار حداقل دمای کمینه در ماه و بزرگترین دمای کمینه که مقدار حداکثر دمای کمینه در ماه را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج نمایه TNn در هر سه ایستگاه مورد بررسی منفی است. پایین‌ترین مقدار این نمایه با ۱۵/۵۱- درجه سلسیوس در ایستگاه قوچان محاسبه شده است. بالاترین مقدار آن با ۷/۵۲- درجه سلسیوس در کاشمر به دست آمده است. نمایه TNx در هر سه ایستگاه مورد بررسی بالاتر از ۲۰

درجه سلسیوس محاسبه شده است. نتایج نشان داده است که مقدار این نمایه حدی در قوچان ۲۰/۸۸ درجه سلسیوس، در سبزوار ۲۹/۰۶ درجه سلسیوس و در کاشمر ۲۹/۸۰ درجه سلسیوس محاسبه شده است.

دو نمایه مطلق TXn و TXx برای دمای بیشینه مورد بررسی قرار گرفته است. این دو نمایه به ترتیب نشان دهنده کوچکترین دمای بیشینه که مقدار حداقل دمای کمینه روزانه در ماه و بزرگترین دمای بیشینه که مقدار حداکثر دمای بیشینه روزانه در ماه را نشان می‌دهند. بر این اساس مقدار نمایه TXn در قوچان ۴/۲۳- درجه سلسیوس، در سبزوار ۱/۸۴ درجه سلسیوس و در کاشمر ۱/۰۸ درجه سلسیوس به دست آمده است. بیشینه مطلق دما که با نمایه اختصاری TXx نشان داده شده است در دو ایستگاه بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس محاسبه شده است. بر اساس نتایج مقدار این نمایه در سبزوار ۴۳/۳۷ درجه سلسیوس، در کاشمر ۴۱/۴۳ درجه سلسیوس و در قوچان ۳۷/۷۶ درجه سلسیوس محاسبه شده است.

نمایه‌های درصد نیز دارای کاربردهای بسیاری در اقلیم شناسی، هواشناسی و همچنین علوم کشاورزی هستند. در این تحقیق چهار نمایه درصد نیز مورد بررسی قرار گرفته است که مجدد دو نمایه برای دمای کمینه و دو نمایه برای دمای بیشینه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. دو نمایه TN10p و TX10p به ترتیب شب‌های سرد و روزهای سرد را نشان می‌دهند. نمایه شب‌های سرد درصدی از روزها که دمای شبانه کوچکتر از صدک ۱۰ام دوره مبنا باشد را نشان می‌دهد و نمایه روزهای سرد درصدی از روزها که دمای روزانه کوچکتر از صدک ۱۰ام دوره مبنا باشد را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج دو این نمایه حدی نشان داده است که شب‌های سرد در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی بین ۹/۴۰ درصد تا ۱۰/۳۲ درصد در تغییر است. کمینه این نمایه در سبزوار و بیشینه آن در کاشمر محاسبه شده است. روزهای سرد نمایه بعدی است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده کمینه این نمایه با ۱۰/۱۴ درصد در سبزوار و بیشینه آن ۱۰/۷۷ درصد در قوچان محاسبه شده است. مقدار این نمایه در کاشمر نیز ۱۰/۷۳ درصد به دست آمده است. همانطور که گفته شده است در این تحقیق چهار نمایه مبتنی بر درصد مورد بررسی قرار گرفته است. دو نمایه دیگر شب‌های گرم و روزهای گرم هستند که نماد اختصاری TN90p و TX90p نشان داده شده‌اند. شب‌های گرم درصدی از روزها که دمای شبانه بزرگتر از صدک ۹۰ام دوره مبنا باشد و روزهای گرم نیز درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگتر از صدک ۹۰ام دوره مبنا باشد را نشان می‌دهند. نمایه شب‌های گرم در سبزوار ۱۰/۸۱ درصد، در کاشمر ۱۰/۱۷ درصد و در قوچان ۱۰/۷۰ درصد محاسبه شده است. به همین ترتیب روزهای گرم در در سبزوار ۱۰/۴۳ درصد، در قوچان ۱۰/۲۲ درصد و در کاشمر ۹/۸۷ درصد محاسبه شده است. بر عکس سایر نمایه‌های حدی دما نمایه‌های شب‌ها و روزهای سرد و گرم در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی تغییرپذیری بسیار پایین‌تری را نشان می‌دهند. بطوریکه این چهار نمایه در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی در استان در حدود ۱۰ درصد می‌باشد.

جدول (۳). نمایه‌های حدی دمایی سه ایستگاه منتخب در استان خراسان رضوی

نمایه	قوچان	سبزوار	کاشمر
CSDI	۴/۹۲	۵/۲۴	۳/۸۷
DTR	۱۴/۳۲	۱۳/۱۸	۱۱/۸۰
FD0	۸۹/۹۲	۳۷/۰۸	۳۳/۳۵
GSL	۲۷۴/۳۸	۳۴۲/۰۶	۳۴۱/۹۵
ID0	۸/۰۴	۱	۱/۲۵
SU25	۱۳۹/۸۶	۱۹۱/۳	۱۸۰/۶۷
TMAXMEAN	۱۹/۶۹	۲۵/۲۵	۲۴/۰۶
TMINMEAN	۶/۰۲	۱۲/۱۷	۱۲/۲۳
TN10P	۱۰/۰۴	۹/۴۰	۱۰/۳۲
TN90P	۱۰/۷۰	۱۰/۸۱	۱۰/۱۷
TNN	-۱۵/۵۱	-۷/۷۴	-۷/۵۲
TNX	۲۰/۸۸	۲۹/۰۶	۲۹/۸۰
TR20	۲/۱۹	۹۳/۹۶	۸۷/۸۴
TX10P	۱۰/۷۷	۱۰/۱۴	۱۰/۷۳
TX90P	۱۰/۲۲	۱۰/۴۳	۹/۸۷
TXN	-۴/۲۳	۱/۸۴	۱/۰۸
TXX	۳۷/۷۶	۴۳/۳۷	۴۱/۴۳
WSDI	۳/۷۶	۵/۹	۴/۸۹

بررسی تأثیر شاخص‌های حدی اقلیمی بر عملکرد انگور در ایستگاه‌های منتخب استان خراسان رضوی

با استفاده از تحلیل رگرسیون چند متغیره گام به گام نمایه‌های حدی اقلیمی بر عملکرد انگور در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است و سپس مدل پیش‌بینی عملکرد انگور بر اساس شاخص‌های مناسب ایجاد شد. مدل پیش‌بینی عملکرد انگور بر حسب تن در هکتار بر اساس نمایه‌های حدی تاثیرگذار بر عملکرد محصول انگور ارائه شده است که نتایج آن در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور بررسی تغییرات عملکرد انگور با استفاده از متغیرهای هواشناسی و تعیین اهمیت این متغیرها در تغییرات مربوط به عملکرد در هر مرحله فنولوژیکی، تحلیل رگرسیون گام به گام انجام شد. برای این منظور فرض‌های تجزیه رگرسیون چندگانه شامل خطی بودن رابطه، یکنواختی واریانس‌های درون متغییرهای مستقل، نرمال بودن خطاها و مستقل بودن خطاهای آزمایشی انجام شده است.

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در مرحله اول فنولوژیکی انگور، دمای کمینه (X1) اولین متغیری است که وارد مدل رگرسیونی شده و به تنهایی حدود ۱۶/۰۵ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله از نمو توجیه کرده است. سپس مقدار بارش تجمعی (X2) حدود ۱۲/۳۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرده و وارد مدل رگرسیونی شد که به همراه کمینه دمای کمینه حدود ۲۸/۴۴ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله توجیه کردند. سرانجام مدل نهایی برای عملکرد به این شکل Y=29.88-0.432X1+0.046X2 بدست آمده است مقدار ضریب تعیین ۰/۲۸ محاسبه شده است. دماهای حدی پایین به خصوص صفر و پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس در این مرحله از نمو گیاه انگور باعث خسارت سرمازدگی بهاره به محصول می‌شود. برای پرهیز از سرمازدگی بهاره بهتر است که زمان هرس را تا شروع رشد جوانه در بهار به تأخیر انداخت.

در مرحله دوم از نمو انگور نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد کمینه دما (X1) اولین متغیری بود که وارد مدل شد و رابطه مثبت با عملکرد داشت و به تنهایی حدود ۱۷/۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرده است. بعد

از این متغیر مقدار بارش تجمعی (X2) در طول این مرحله از رشد گیاه دومین متغیر وارد شده در مدل رگرسیون بود که حدود ۶/۷ درصد ازتغییرات مربوط به عملکرد را توجیه کرد و رابطه منفی با عملکرد داشته که بر این اساس رابطه رگرسیونی را می‌توان همانند Y=-21.98+0.251X1-0.019X2 نوشت. مقدار ضریب تعیین نیز ۰/۲۴ به دست آمده است. دماهای پایین در این مرحله از رشد دماهای بالاتر از صفر بوده و احتمالاً باعث تنفس کمتر در گیاه و افزایش ذخیره مواد غذایی و کربوهیدرات‌ها در برگ‌ها شده و همچنین باعث افزایش سطح برگ می‌شود. از طرفی بارش‌ها در این مرحله اگر به صورت تگرگ باشند باعث خسارت جدی به محصول به خصوص از طریق ریزش برگ‌ها و خوشه‌های در حال تشکیل میوه می‌شود. بارش‌های شدید باران دراین مرحله ممکن است باعث زردی برگ‌ها شود که ناشی از اختلال در جذب عناصر ریزمغذی به ویژه آهن و روی می‌گردد.

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در مرحله سوم، میانگین رطوبت (X1) تنها متغیری بود که وارد مدل رگرسیونی شد و حدود ۱۹/۹۷ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله از نمو توجیه کرد. مدل نهایی برای عملکرد در این مرحله همانند Y=-29.20-0.11X1 است که مقدار ضریب تعیینان نسبت به مراحل قبلی کاهش یافته و به ۰/۱۹ رسیده است. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در مرحله چهارم، دمای بیشینه (X1) تنها متغیری بود که وارد مدل رگرسیونی شد و حدود ۲۴/۷۵ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله از نمو توجیه کرد. مدل نهایی برای عملکرد به صورت Y=-79.42-1.37X1 به دست آمده است که دارای ضریب تعیین ۰/۲۴ است.

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در مرحله پنجم، بیشینه دمای حدی (X1) اولین متغیری بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به تنهایی حدود ۶۲/۳۳ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله از نمو توجیه کرد. سپس مقدار تبخیر تجمعی (X2) حدود ۱۳/۴۱ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرده و وارد مدل رگرسیونی شد که به همراه حداکثر دمای حدی حدود ۷۵/۷۴ درصد از تغییرات عملکرد را در این مرحله توجیه کردند. سرانجام مدل نهایی برای عملکرد به شکل Y=-76.18-1.099X1-0.326X2 قابل ارائه است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشینه دمای حدی در این مرحله از رشد و نمو همانند مرحله قبل رابطه مستقیم ولی منفی با عملکرد نشان داد.

برای تهیه مدل پیش‌بینی محصول بر اساس رخدادهای حدی اقلیمی، شناسایی و تعیین شاخص‌های حدی مؤثر بر عملکرد مورد نیاز می‌باشد. با استفاده از تجزیه رگرسیون چند متغیره گام به گام نمایه‌های حدی اقلیمی مناسب بر عملکرد انگور در منطقه کاشمر شناسایی شد و سپس مدل پیش‌بینی عملکرد انگور بر اساس شاخص‌های مناسب ایجاد شد. مدل پیش‌بینی عملکرد بر حسب تن بر هکتار بر اساس شاخص‌های حدی تاثیرگذار بر عملکرد به صورت زیر می‌باشد.

$$Yield = -95.76 - 0.82\,id + 9.49\,DTR + 0.21\,fd - 0.22\,WSDI \qquad (۲)$$

مدل شامل تعداد روزهای یخی با دمای حداکثر روزانه < 0 C (ID)، دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما (DTR)، تعداد روزهای یخبندان با دمای کمینه روزانه < 0 C (FD) و طول مدت گرما (تعداد روزهایی که کمینه شش روز متوالی دمای حداکثر آن‌ها بیشتر از صدک ۹۰ ام باشد) (WSDI) بود. اعتبار سنجی مدل با R^2 (۰/۷۶) و ریشه میانگین مربعات (RMSE) (۰/۸۸) و صحت سنجی مدل با تخمین مقدار عملکرد محصول برای سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳ و مقایسه با آمار ثبت شده، انجام شد. هرچه مقدار R^2 بیشتر و و ریشه میانگین مربعات (RMSE) کمتر باشد دقت مدل بیشتر است. با توجه به R^2 بالای مدل و همبستگی مناسب آن (۰/۸۸) و RMSE پایین مدل (۰/۷۸) مشاهده می‌شود که مدل از دقت بالایی برخوردار بوده است. همچنین مدل پیش بینی عملکرد انگور بر حسب تن بر هکتار بر اساس شاخص‌های حدی تأثیر گذار بر عملکرد این محصول در قوچان به شکل زیر می‌باشد.

$$Yield = -70.51 - 0.86TX10P - 3.24CWD + 1.40 - 6.80DTR - 0.43R20 - 133FD \qquad (۳)$$

مدل شامل روزهای سرد، درصد روزهایی که دمای بیشینه کمتر از صدک دهم باشد (TX10P)، روزهای مرطوب متوالی (CWD)، تعداد روزهای با بارش سنگین

(R10mm)، تعداد روزهای همراه با بارش خیلی سنگین (R20mm)، دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR)، تعداد روزهای یخبندان (FD) است.

در تحلیل خروجی مدل بر روی عمکرد منطقه می‌توان به تأثیر شاخص حدی TX10P اشاره کرد. شاخص DTR متغییر جوی بسیار مهمی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تحولات فیزیکی و زیست محیطی است به خاطر همین اندازه گیری دما در مقایسه با سایر متغیرهای جوی از سابقه طولانی‌تری برخوردار می‌باشد. بررسی نشان می‌دهد بیشتر مقدار تغییرات DTR در منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان و کمترین آن در فصل تابستان می‌باشد. اختلاف دمای شب و روز به خصوص در مرحله رسیدگی انگور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است در این مرحله روزهای نسبتاً گرم (دماهای بهینه) باعث افزایش فتوسنتز و شب‌های نسبتاً خنک (دماهای کمینه) باعث کاهش تنفس گیاه می‌شود، دستاورد این دو پدیده باعث افزایش ذخیره مواد فوتوسنتز ساخته شده در میوه می‌گردد که افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت همچنین این موضوع باعث افزایش قند و کفیت میوه می‌شود.

روزهای همراه با بارش خیلی سنگین در میکروکلیمای قوچان با توجه به نسبت فراوانی آن اثر کاهشی در عملکرد محصول انگور داشته و مشخصاً دلیل آن شرایط بارشی و محدوده جغرافیایی آن می‌باشد. اثر گذاری FD با توجه به افزایش نمایه حدی FD یا روزهای یخبندان در منطقه مورد مطالعه در کاهش عمکرد محصول نقش دارد. اثر این متغیر در منطقه مورد مطالعه بخصوص در فصل بهار مشهود است. مدل پیش بینی عملکرد بر حسب تن بر هکتار بر اساس شاخص‌های حدی تأثیر گذار بر عملکرد انگور سبزوار به شکل زیر می‌باشد.

$$Yield = -4.94 + 1.09\ DTR + 5.02\ FD - 0.04\ TNn \quad (۴)$$

این مدل شامل دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR)، تعداد روزهای یخبندان (FD) و کمینه ماهانه دمای کمینه روزانه (TNn) است. همانطور که پیش‌تر گفته شده است هر چه مقدار R^2 بیشتر و ریشه میانگین مربعات (RMSE) کمتر باشد دقت مدل بیشتر است با توجه به R^2 همبستگی مدل در شرایط متوسط قرار دارد. بررسی آمار منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که دماه های ۱۵- تا ۲۰- که محدوده آستانه تحمل انگور می‌باشد در آمار هواشناسی ثبت شده سبزوار کمتر اتفاق افتاده است و خروجی مدل بر اساس نمایه روزهای یخبندان (FD) مثبت می‌باشد و این موضوع در افزایش عملکرد نقش موثری ایفا می‌کند.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر کشت انگور در استان خراسان رضوی انجام شده است. بر اساس نتایج این پژوهش، مناطق مختلف این استان با شرایط آب و هوایی بسیار متفاوتی روبرو هستند. ایستگاه قوچان به عنوان مرطوب‌ترین منطقه و ایستگاه کاشمر به عنوان خشک‌ترین منطقه در این مطالعه شناسایی شدند. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که وقوع بارش‌های شدید و طولانی مدت به ویژه در مناطق شمالی استان مانند قوچان، می‌تواند بر رشد و تولید انگور تأثیر قابل توجهی بگذارد. این نتیجه توسط Wolfe و همکاران (۲۰۱۷) نیز تایید شده است.

نتایج نشان می‌دهد که مناطق مختلف این استان از نظر دمایی تفاوت‌های قابل توجهی دارند. به طور کلی، سبزوار گرم‌ترین و خشک‌ترین منطقه بوده و بیشترین تعداد روزهای گرم را به خود اختصاص داده است. در مقابل، قوچان سردترین منطقه و بیشترین تعداد روزهای یخبندان را داشته است. نوسانات دمایی روزانه نیز در مناطق مختلف متفاوت بوده و بیشترین نوسانات در قوچان مشاهده شده است. این نتایج حاکی از آن است که شرایط دمایی می‌تولند تأثیر قابل توجهی بر رشد و نمو انگور در مناطق مختلف استان خراسان رضوی داشته باشد.

یافته‌های تحقیق تاکید بر آسیب پذیری انواع فعلی انگور در برابر نمایه‌های حدی اقلیمی و بخصوص نمایه‌های حدی دمایی دارد لذا متغیرهای حدی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت انگور در مراحل مختلف رشد در استان خراسان رضوی دارند. یافته‌های این تحقیق بر حساسیت ارقام غالب انگور در مراحل فنولوژیکی بحرانی تأکید

می‌کند که ضرورت اتخاذ استراتژی‌های سازگاری برای تضمین پایداری کشت انگور را در منطقه را برجسته می‌سازد. از میان متغیرهای اقلیمی، دما عاملی مؤثر در چرخه تولید انگور به شمار می‌آید که بر کمیت و به خصوص در کیفیت انگور تأثیر می‌گذارد (لورنزو و همکاران، ۲۰۱۲). مقاومت درختان انگور در مقابل سرما به مراتب کمتر است. درخت انگور تا ۱۵- درجه سلسیوس قدرت تحمل دارد. آستانه دمای حداکثر برای درخت انگور ۳۸ تا ۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد. درخت انگور یک درخت منطقه سردسیر محسوب می‌شود و دماهای گرم دوره رشد و نمو موجب کاهش عملکرد و عدم بازدهی می‌شود.

یکی از عواملی که گاهی باعث نابودی کامل تاکستان‌ها می‌شود، مخاطرات ناشی از دماهای زیر صفر درجه سلسیوس است (Hoffman, 2019). دماهای کمینه حدی کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس به عنوان دمای مخرب در تاکستان‌ها عنوان شده است (Drepper و همکاران، ۲۰۲۲). منطقه کاشمر به علت داشتن اقلیم خشک و نیمه‌خشک و عدم وجود رطوبت کافی برای تقلیل اثر سردی هوای منتقل شده همراه با ورود موج‌های سرمایی، یخبندان‌های تشعشعی بیش‌تری را تجربه می‌کند. در یخبندان دی‌ماه ۱۳۸۶ تاکستان‌های منطقه کاشمر به شدت آسیب دیدند. این دوره یخبندان باعث آسیب شدید و حتی از بین رفتن آوندهای گیاه شد به طوری که در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ عملکرد انگور به شدت افت کرد ودر سال‌های مذکور میانگین عملکرد انگور به حدود ۶/۵ تن در هکتار کاهش یافت (به طور میانگین بیش از ۷۰ درصد کاهش عملکرد). در نهایت اختلاف دمای شب و روز به خصوص در مرحله رسیدگی انگور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مرحله روزهای نسبتاً گرم (دماهای بهینه) باعث افزایش فتوسنتز و شب‌های نسبتاً خنک (دماهای بهینه) باعث کاهش تنفس گیاه می‌شود. دستاورد این دو پدیده افزایش ذخیره مواد فتوسنتزس ساخته شده در میوه می‌شود که افزایش عملکرد را در پی دارد. همچنین این موضوع باعث افزایش قند و کیفیت میوه می‌شود.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، برنامه‌ی چند وجهی برای کاهش اثرات منفی نمایه‌های حدی اقلیمی بر تولید انگور در استان خراسان رضوی پیشنهاد می‌شود: ۱- انتخاب و اصلاح ارقام انگور، ۲- تکنیک‌های آبیاری دقیق شامل اجرای شیوه‌های نوین آبیاری با استفاده از حسگرهای پیشرفته و تحلیل داده‌ها برای بهینه‌سازی مصرف آب، ۳- زیرساخت مدیریت آب، توسعه و بهبود زیرساخت مدیریت آب، شامل مخازن و کانال‌های آبیاری کارآمد، برای افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و توزیع آب در طول فصل رشد. ۴- مدیریت سایه بان تاکستان مانند حذف برگ یا تنک کردن شاخه‌ها برای بهینه‌سازی تابش نور خورشید و هوادهی میوه در عین حال به حداقل رساندن اتلاف آب از طریق تعرق و تبخیر بیش از حد. ۵- بکارگیری روش‌های صحیح پس از برداشت شامل بررسی و اتخاذ روش‌های پس از برداشت بهبود یافته برای کاهش خسارات ناشی از نمایه‌های حدی آب و هوایی. این روش ممکن شامل اجرای تکنیک‌های بهتر جداسازی محصول، سرمایه‌گذاری در سردخانه و بررسی روش‌های خشک‌کردن برای تولید کشمش باشد. با اجرای این استراتژی‌ها جامع سازگاری، صنعت انگور خراسان رضوی می‌تواند در برابر چالش‌های ناشی از نمایه‌های حدی آب و هوایی تاب‌آوری ایجاد کند. این امر تولید مستمر انگور باکیفیت را تضمین کرده و از میراث اقتصادی و فرهنگی کشت انگور در منطقه محافظت می‌نماید.

منابع

سبحانی، ب.، صفریان زنگیر، و.، صدیق نیا، ع. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت انگور در حوضه آبخیز قره سو با استفاده از روش‌های نوین چند معیاره. پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱۳۹۸(۳۹)، ۱۲۳-۱۳۸.

شجاعی، ط.، فلاح قالهری، غ؛ کاشکی، عبدالرضا. (۱۳۹۸). توان‌سنجی کشت درخت انگور در ایران براساس شرایط اقلیمی. آب و خاک، ۳۳(۶)، ۹۲۳-۹۴۲.

شجاعی، ط.، فلاح قالهری، غ.، کاشکی، عبدالرضا. (۱۳۹۹). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر زمان رخداد آستانهٔ زیستی و مرحلهٔ گُل دهی درخت انگور در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۲(۱)، ۱۲۹-۱۴۵.

علیزاده، ا.، بابائیان، ایمان؛ نوری، حمید؛ نجاتیان، محمد علی. (۱۳۹۸). بررسی اثر تغییر اقلیم بر تولید انگور بی دانه سفید در دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۰) با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری برونداد مدل HADCM3مطالعه موردی: ایستگاه گلمکان). نشریه هواشناسی و علوم جوّ، ۲(۳)، ۲۴۶-۲۵۷.

علیزاده، ا؛ بلبائیان، ا.، نوری، حمید؛ نجاتیان، محمد علی. (۱۳۹۹). بررسی اثر تغییر اقلیم برکیفیت انگور بی دلنه سفید (مطالعه موردی: ایستگاه هواشناسی کشاورزی گلمکان). پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱۳۹۹(۴۳), ۱۰۹-۱۲۶.

Anastasiou, E., Templalexis, C. Lentzou, D, Biniari, K. Xanthopoulos, G, & Fountas, S. (2023). Do soil and climatic parameters affect yield and quality on table grapes?. Smart Agricultural Technology, 3, 100088.

Bellvert, J., Mata, M., Vallverdú, X., Paris, C., & Marsal, J. (2021). Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. Precision Agriculture, 22(2), 319-341.

Costea, D. C., & Căpruciu, R. (2022). The influence of environmental resources specific to the cultivation year over the grapevine growth and yield. " Annals of the University of Craiova-Agriculture Montanology Cadastre Series", 52(1), 95-100.

Costea, D. C., & Căpruciu, R. (2022). The influence of environmental resources specific to the cultivation year over the grapevine growth and yield. " Annals of the University of Craiova-Agriculture Montanology Cadastre Series", 52(1), 95-100.

De Orduna, R. M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Food Research International, 43(7), 1844-1855.

Drepper, B., Bamps, B., Gobin, A., & Van Orshoven, J. (2022). Strategies for managing spring frost risks in orchards: effectiveness and conditionality—a systematic review. Environmental Evidence, 11(1).

Duchêne, E., Huard, F., Dumas, V., Schneider, C., & Merdinoglu, D. (2010). The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. Climate research, 41(3), 193-204.

Evans, K. L., Yaron, D., & Leinhardt, G. (2008). Learning stoichiometry: a comparison of text and multimedia formats. Chemistry Education. Research and Practice, 9(3), 208–218.

Forster, M. A., & Englefield, A. (2021). The water use and growth response of grapevines to extreme temperature events. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 33(3), 187-203.

Gambetta, G. A., Herrera, J. C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., & Castellarin, S. D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. Journal of experimental botany, 71(16), 4658-4676.

Ghiglieno, I., Carlin, S., Cola, G., Vrhovsek, U., Valenti, L., Garcia-Aloy, M., & Mattivi, F. (2023). Impact of meteorological conditions, canopy shading and leaf removal on yield, must quality, and norisoprenoid compounds content in Franciacorta sparkling wine. Frontiers in Plant Science, 14, 1125560.

Hoffman, A. R. (2019). Energy production and its consequences for water and the environment. In IWA Publishing eBooks (pp. 29–35).

Hong, Y. I. N., & Ying, S. U. N. (2018). Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices. Advances in Climate Change Research, 9(4), 218-226.

Irimia, L. M., Patriche, C. V., & Murariu, O. C. (2018). The impact of climate change on viticultural potential and wine grape varieties of a temperate wine growing region. Applied Ecology & Environmental Research, 16(3).

Jones, G. V., Reid, R., & Vilks, A. (2012). Climate, grapes, and wine: structure and suitability in a variable and changing climate. The geography of wine: Regions, terroir and techniques, 109-133.

Keller, 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.

Kliewer, W. M. (1977). Effect of high temperatures during the bloom-set period on fruit-set, ovule fertility, and berry growth of several grape cultivars. American Journal of Enology and Viticulture, 28(4), 215-222.

Luber, G., & McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat events. American journal of preventive medicine, 35(5), 429-435.

Mekanik, F., Imteaz, M. A., Gato-Trinidad, S., & Elmahdi, A. (2013). Multiple regression and Artificial Neural Network for long-term rainfall forecasting using large scale climate modes. Journal of Hydrology, 503, 11-21.

Puga, G., Anderson, K., & Tchatoka, F. D. (2023). The impact of climate change on grape yields: Evidence from Australia. OENO One, 57(2).

Rienth, M., Torregrosa, L., Sarah, G., Ardisson, M., Brillouet, J. M., & Romieu, C. (2016). Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome. BMC Plant Biology, 16, 1-23.

Rouxinol, M. I., Martins, M. R., Salgueiro, V., Costa, M. J., Barroso, J. M., & Rato, A. E. (2023). Climate Effect on Morphological Traits and Polyphenolic Composition of Red Wine Grapes of Vitis vinifera. Beverages, 9(1), 8.

Stolzenberg, R. M. (2004). Multiple regression analysis. Handbook of data analysis, 165-208.

Sun, Q., Granco, G., Groves, L., Voong, J., & Van Zyl, S. (2023). Viticultural manipulation and new technologies to address environmental challenges caused by climate change. Climate, 11(4), 83.

Westra, S., Fowler, H. J., Evans, J. P., Alexander, L. V., Berg, P., Johnson, F., Kendon, E. J., Lenderink, G., & Roberts, N. M. (2014). Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. Reviews of Geophysics, 52(3), 522–555.

Wolfe, D. W., DeGaetano, A. T., Peck, G. M., Carey, M., Ziska, L. H., Lea-Cox, J., Kemanian, A. R., Hoffmann, M. P., & Hollinger, D. Y. (2017). Unique challenges and opportunities for northeastern US crop production in a changing climate. Climatic Change, 146(1–2), 231–245.

Wolkovich, E. M., Burge, D. O., Walker, M. A., & Nicholas, K. A. (2017). Phenological diversity provides opportunities for climate change adaptation in winegrapes. Journal of Ecology, 105(4), 905-912.

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B. and Zwiers, F.W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(6), 851-870.