

Investigating the effect of temperature and soil on the yield of tomato in the irrigated lands of Kermanshah province

Mir naser Navidi^{1*}, Bahareh Delsouz Khaki², Mansour Chatrenour², Ebrahim Asadi Oskouei³

1- Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension

Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2-Researcher, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3- Assistant Prof., Research institute of meteorology and atmospheric science, Tehran, Iran.

*Corresponding author: n.navidi@areeo.ac.ir

(Received: 17 January 2023

Revised: 12 March 2023

Accepted: 16 March 2023)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Understanding climate and soil variables will be an important step in proper agricultural planning and utilization of resources, especially in the irrigated lands of the country, which are facing the problem of water shortage today. Tomato, with the scientific name of *Solanum lycopersicum*, is one of the important vegetables of the Solanaceae family, which is widely and often cultivated as an annual plant and is one of the most important agricultural products in the country. Considering the sensitivity of tomatoes to temperature, basic research on this topic is crucial to reduce investment risk and water waste as a valuable resource by identifying unsuitable climate conditions for growing this product. In this regard, land suitability assessment studies provide very useful information for decision-makers. Kermanshah province is one of the prominent provinces in the field of agriculture and is the main producer of many important and strategic products. To properly use resources and increase production, and considering the review of sources that shows no study has been done to investigate the effect of temperature and soil on tomatoes which are cultivated in the irrigated lands of Kermanshah province, this study investigated the effect of temperature and soil on the performance of this product in each of the temperature classes including these lands to determine the degree of compliance of the temperature conditions of each class with the temperature requirements of this product.
- 2. Materials and Methods:** By overlapping the shapefiles of the temperature classes and irrigated lands of Kermanshah province, the temperature classes were determined within the irrigated lands of the province. Subsequently, a synoptic station was selected in each temperature class, and for each synoptic station, climatic data were collected for a thirty-year statistical period (1991-2021). To evaluate the climate and soil for tomato suitability according to the FAO method, the tables of climatic and soil and landscape requirements of tomato developed by the experts of the Soil and Water Research Institute were used. The investigated climatic parameters included the mean temperature of the growing cycle, the mean temperature during the yield formation period, and the difference between night and day temperatures during the flowering stage. The phenological periods for each of the studied temperature classes were completed using expert knowledge and farmers' experience in this province. Based on the phenological periods of each region and the temperature requirements table, a degree between 0 and 100 was assigned to each of the parameters. Then, the lowest grade obtained was considered equivalent to the climate index (CI), and the final climate grade (CR) was determined. The investigated soil and landscape parameters include slope, flooding, drainage, depth, soil texture and structure, coarse fragment, CaCO₃, gypsum, apparent CEC, base saturation, the sum of basic cations, soil acidity, organic carbon, EC, and ESP. Soil indices (SI) were calculated using the parametric-square root method, and based on these indices, the suitability classes were determined.
- 3. Results and Discussion:** The irrigated lands of the province fall into three classes out of the five classes of the temperature map. These classes are in order of area: cold class with a temperature between 10 and 15 °C, temperate class with a temperature between 15 and 18.5 °C, and hot class with a temperature between 18.5 and 22 °C. Based on the results, in the cold temperature class, the mean temperature during the flowering stage is the most limiting factor for tomato cultivation, and in the hot and temperate temperature classes, the mean temperature during the yield formation period poses the greatest constraint for the cultivation of this product. The degrees of climatic suitability calculated for cold, temperate, and hot classes were about 84, 82, and 61, respectively. Therefore, it can be concluded that the temperature potential of Kermanshah province for irrigated tomato cultivation is different in the three studied strata, and the eastern regions of the province are the most suitable areas for cultivating the crop. Hence, it is

suggested that before investing in the cultivation of this product, the effect of climate on production should be considered, so that, having a perspective of the result of cultivation, appropriate policies can be adopted to prevent wrong investments and the best product can be selected for sustainable production. The most important limiting factors for the growth and production of this product in the three studied temperature classes were soil acidity, slope, drainage, and soil physical properties (texture and structure of soil and gravel). Soil acidity was the most important limiting factor in the two temperate and hot temperature classes. In the cold temperature class, slope and acidity were the two most important factors in reducing tomato production. The total percentage of the area of very suitable and relatively suitable classes in cold, moderate, and hot temperature classes is about 33, 60, and 54%, respectively. Among the cities, Kangavar, Ravansar, and Sarpol-e Zahab have the largest relative area of suitable soils (with high and medium suitability) in the cold, temperate, and hot temperature classes, respectively. Kermanshah also has lands with suitable soil in two cold and moderate temperature classes.

4. **Conclusion:** In Kermanshah province, in the cold, moderate, and hot temperature classes, the temperature factor will be 26%, 28, and 39% effective in reducing the yield compared to the potential conditions and moving from the east to the west of the province, the ability of the regions to cultivate irrigated tomatoes decreases, and the western regions of the province have a relatively high-temperature constraint during the yield formation period. The results of the soil suitability study showed that soil acidity and slope were the most important factors in reducing the yield of this crop in all three temperature classes. According to the results of temperature and soil suitability, it can be said that the moderate temperature class has relatively more suitable temperature and soil conditions for tomato cultivation.

Keywords: Climatic suitability, sustainable production, vegetables, temperature classes.

Citation: Navidi, M. N., Delsouz Khaki, B., Chatrenour, M., Asadi Oskouei, E. (2026). Investigating the effect of temperature and soil on the yield of tomato in the irrigated lands of Kermanshah province. *Journal of Vegetables Sciences*, 19(1), 01-22. doi: 10.22034/iuvs.2023.1987602.1267

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی اثر دما و خاک بر عملکرد گوجه‌فرنگی در اراضی آبی استان کرمانشاه

میرناصر نویدی^{۱*}، بهاره دلسوز خاکی^۲، منصور چترنور^۳، ابراهیم اسعدی اسکویی^۲

۱- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- پژوهشگر، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- استادیار پژوهشی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: n.navidi@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷

چکیده

استفاده بهینه از اراضی کشاورزی با توجه به نوع محصول و نیازهای اقلیمی و خاکی، با در نظر گرفتن شرایط بالقوه خاک و آب، سبب تولید پایدار و جلوگیری از هدر رفت منابع می‌گردد. در این پژوهش اثر دما و خاک بر عملکرد گوجه‌فرنگی نشایی در اراضی آبی استان کرمانشاه با استفاده از روش ارزیابی تناسب فائو بررسی شد. در این راستا با توجه به تنوع اقلیمی منطقه، برای مطالعه دقیق و تفکیک اراضی آبی، نقشه رقومی این اراضی با نقشه طبقات دمایی کشور تلفیق شده و بر مبنای دوره‌های فنولوژیک هر یک از طبقات سرد، معتدل و گرم، درجات تناسب پارامترهای دمایی محاسبه شد. تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نیز در هر طبقه دمایی با استفاده از روش پارامتریک ریشه دوم تعیین گردید. بر مبنای نتایج، عوامل محدودکننده رشد گوجه‌فرنگی، میانگین دما در مرحله گلدهی در طبقه سرد و دوره رشد میوه در طبقات معتدل و گرم بودند. بر اساس درجات تناسب اقلیمی محاسبه شده برای طبقات دمایی سرد، معتدل و گرم، عامل دما به ترتیب ۲۶٪، ۲۸٪ و ۳۹٪ در کاهش عملکرد نسبت به شرایط بالقوه مؤثر بودند. نتایج حاصل از ارزیابی تناسب خاک نیز نشان داد که اسیدیته خاک و شیب مهم‌ترین عوامل کاهش رشد این محصول در هر سه طبقه دمایی بودند. این محدودیت‌ها موجب کاهش تناسب خاک برای کشت گوجه‌فرنگی شده بطوریکه خاک‌های با کلاس تناسب کم یا نامناسب، در طبقات دمایی سرد، معتدل و گرم، به ترتیب ۶۷٪، ۴۰٪ و ۴۵٪ از اراضی را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به نتایج تناسب دما و خاک، می‌توان گفت که در طبقه دمایی معتدل، شرایط نسبتاً مناسب‌تری برای کشت این محصول وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود پیش از سرمایه‌گذاری برای کشت، اثر اقلیم و خاک بر تولید محصول در نظر گرفته شود تا با داشتن دورنمایی از نتیجه کشت، راهکارهای مدیریتی مناسب‌تری به منظور تولید پایدار و جلوگیری از هدر رفت منابع خاک و آب و حفظ سرمایه صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: تناسب اقلیمی، تولید پایدار، سبزی‌ها، طبقات دمایی.

استناد: نویدی، م. ن.، دلسوز خاکی، ب.، چترنور، م.، اسعدی اسکویی، ا. (۱۴۰۵). بررسی اثر دما و خاک بر عملکرد گوجه‌فرنگی در اراضی آبی استان کرمانشاه. علوم سبزی‌ها، ۱۹(۱)، ۲۲-۰۱.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترسی است.

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه و از طرفی کاهش اراضی قابل کشت، لزوم توجه به استفاده بهینه از اراضی موجود و افزایش تولید احساس می‌شود. شناخت متغیرهای آب و هوایی و اثر آن‌ها بر روی گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد می‌باشد (Kamali et al., 2010). عوامل اقلیمی زمینه بروز استعدادهای ژنتیکی را فراهم می‌آورند. بنابراین شناسایی عوامل محیطی و تطبیق آن‌ها با نیاز گیاه، حداکثر رشد و رسیدن به استعدادهای ژنتیکی و به دنبال آن حداکثر محصول را در پی خواهد داشت. علاوه بر این، بررسی اثرات شرایط اقلیمی بر میزان تولید محصولات کشاورزی می‌تواند کمک مؤثری به انتخاب مناسب‌ترین گیاه برای کشت محصول نماید (Javadi et al., 2014). همچنین عدم توجه به عوامل اقلیمی می‌تواند موجب صدمات زیادی به محصولات کشاورزی، هدر رفتن سرمایه و نیز کاهش کارایی منابع آب و خاک گردد (Mirmousavi & Akbari, 2010). از سوی دیگر توجه به خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی و منبع اصلی تأمین‌کننده عناصر و آب، به منظور شناخت مهم‌ترین ویژگی‌های خاک مؤثر بر رشد گیاه و به دنبال آن اتخاذ عملیات مدیریتی صحیح بسیار ضروری است (Delsouz Khaki et al., 2019). بنابراین توجه به عوامل اقلیمی و خاک، گام مهمی در برنامه‌ریزی صحیح کشاورزی و بهره‌برداری درست از منابع به‌خصوص در اراضی آبی کشور که امروزه با مشکل کم آبی روبه‌رو هستند خواهد بود.

تولید سبزیجات در سطح جهان به‌عنوان حرفه‌ای درآمدزا، در بهبود سطح اقتصاد عمومی کشورها بسیار مؤثر است (Paroon et al., 2020). گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* یکی از سبزی‌های مهم از خانواده Solanaceae است که به طور گسترده و غالباً یک ساله و به صورت نشایی کشت می‌شود (Haghighi et al., 2015; Ghanbari & Sayyari, 2020) و یکی از محصولات مهم کشاورزی در کشور می‌باشد (Shahrokhnia et al., 2017). بر اساس آمار

موجود، ایران با تولید ۶/۱ میلیون تن گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۱۳، پس از کشور چین، هند، آمریکا، ترکیه و مصر، ششمین کشور تولیدکننده این محصول بوده و حدود ۴ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2013). اگرچه این محصول از مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری منشأ می‌گیرد، ولی به‌صورت تجاری در بسیاری از مناطق معتدل کشت می‌شود و در نتیجه حداقل در بخشی از فصل رشد در معرض دماهای پایین قرار می‌گیرد. دماهای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد موجب آسیب این محصول می‌شود (Jones, 2007; Razdan, 2006). در پژوهشی Paroon و همکاران (۲۰۲۰) اثر اقلیم بر عملکرد سبزیجات از جمله گوجه‌فرنگی را در استان هرمزگان مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در این استان دما اثر منفی بر عملکرد گوجه‌فرنگی دارد. بنابراین با توجه به حساس بودن گوجه‌فرنگی به دما، اهمیت پژوهش‌های پایه برای آن بسیار زیاد خواهد بود. بهره‌گیری از نتایج این پژوهش‌ها به شناسایی اقلیم نامناسب برای کشت این محصول کمک کرده که خود می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری و هدررفت آب به‌عنوان یک منبع ارزشمند را کاهش دهد.

در این زمینه مطالعات ارزیابی تناسب اراضی اطلاعات بسیار مفیدی در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد تا با بررسی شرایط موجود و تعیین میزان تناسب اراضی برای محصولات موردنظر، بهترین کاربری شناسایی شود. ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو این امکان را فراهم می‌آورد که عوامل اصلی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی شناسایی شود که این اطلاعات تصمیم‌گیران را در بهبود مدیریت محصولات کشاورزی، مدیریت نهاده‌های کودی و بهره‌وری صحیح یاری می‌دهد (AbdelRahman et al., 2016; Delsouz Khaki et al., 2018) و می‌توان گفت ارزیابی تناسب اراضی بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه ریزی استفاده بهینه از اراضی برای مدیریت پایدار است (Bagheri Bodaghabadi, 2011). پژوهش‌های بسیاری در زمینه ارزیابی تناسب اراضی برای کشت

تعیین الگوی کشت ضروری دانسته شد. همچنین Kumar و همکاران (۲۰۲۲) با در نظر گرفتن نقش عواملی از جمله شیب، بافت خاک، زهکشی و عمق خاک نقشه مناطق مستعد کشت گوجه فرنگی را برای بخشی از اراضی کشور هند تهیه نمودند. در مطالعه‌ای دیگر، Alamdari & Amanifar (۲۰۱۶) به ارزیابی تناسب اراضی برای کشت آبی گوجه‌فرنگی به روش پارامتریک در ایستگاه تحقیقاتی آذربایجان شرقی پرداخته و دریافتند که دما، اسیدیته و خصوصیات فیزیکی خاک (بافت و ساختمان خاک و سنگریزه) از عوامل محدود-کننده کشت این محصول می‌باشند.

تعیین دقیق مرزهای مناطق آب و هوایی برای پیش‌بینی صحیح رفتار گونه‌های گیاهی در محیط‌های طبیعی و انسانی، بسیار با اهمیت است (Asadi Oskouei et al., 2022)، به این منظور نقشه طبقات دمایی ایران که اخیراً توسط Asadi Oskouei و همکاران (۲۰۲۲) تهیه شده است می‌تواند زیربنای مناسبی برای انتخاب ایستگاه هواشناسی باشد. این نقشه با در نظر گرفتن روند تغییرات مکانی توپوگرافی ایران، به‌کارگیری مدل‌های ریاضی و روش‌های زمین‌آماري پیشرفته و نوین، در مقیاس ملی تهیه شده است و دارای ۵ طبقه بسیار سرد، سرد، معتدل، گرم و بسیار گرم است و می‌تواند به‌خوبی تغییرات دمایی را در سطح استان‌ها نشان دهد و استفاده از آن برای مطالعات محیطی و کشاورزی توصیه می‌شود. استان کرمانشاه به‌لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی، دارای بارندگی‌های پاییزه و زمستانه چشمگیر و آب‌های زیرزمینی فراوان بوده (Akbari, Mirmousavi & 2010) و وجود منابع خاک حاصلخیز و تنوع اقلیمی، امکان کاشت اکثر محصولات کشاورزی در آن را فراهم کرده و این استان را در زمره تولید-کنندگان عمده محصولات کشاورزی مهم و راهبردی قرار داده‌است (Tavakkoli, 2013; Rooyan Consulting Engineers, 2018). براساس نقشه طبقات دمایی تهیه شده توسط Asadi Oskouei و همکاران (۲۰۲۲)، استان کرمانشاه هر پنج طبقه دمایی

محصولات باغی و زراعی انجام شده است تا با شناخت بهتر از ویژگی‌های اراضی و عوامل اقلیمی و محیطی تأثیرگذار بر آن و نیز بررسی جنبه‌های فیزیکی و اقتصادی، بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع انجام شود. از آن جمله Ahmadi و همکاران (۲۰۲۰) از روش‌های پارامتریک تناسب اراضی به منظور دستیابی به توسعه پایدار باغات اراضی پایاب سد خداآفرین در استان آذربایجان شرقی، استفاده نموده و دریافتند که منطقه مورد مطالعه برای زیتون و مرکبات دارای محدودیت شدید اقلیم است و این محدودیت تناسب نهایی این اراضی (خاک و اقلیم) را تحت تأثیر قرار داده و منطقه را برای توسعه این محصولات نامناسب نموده است. Bagheri Bodaghabadi و همکاران (۲۰۲۰)، نیز به ارزیابی تناسب اراضی شهرستان سامان برای کاربری باغ پرداخته و گزارش کردند که اقلیم یکی از عوامل محدودکننده برای این کاربری خواهد بود. در مطالعه‌ای دیگر Javadi و همکاران (۲۰۱۴) نقش پارامترهای آب و هوایی را بر عملکرد محصول بادام در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی بررسی نموده و دریافتند که از بین پارامترهای بررسی شده، دما بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد این محصول دارد. همچنین Mirmousavi و Akbari (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای به امکان‌سنجی اقلیمی کشت زیتون در استان کرمانشاه پرداخته و دریافتند که دما عامل محدودکننده برای کشت این محصول می‌باشد. در پژوهشی دیگر Halabian و Esmaeli (۲۰۱۷) اقلیم استان کردستان را برای کشت کلزا بررسی نموده و گزارش کردند که این استان از نظر پتانسیل اقلیمی و محیطی برای کشت کلزا در چهار طبقه بسیار خوب، خوب، متوسط و ضعیف قرار می‌گیرد که میزان استعداد آن‌ها برای کشت کلزا متفاوت است. در پژوهشی که در کشور هند توسط Singh و همکاران (۲۰۱۷) برای بررسی تناسب مناطق مختلف برای کشت گوجه فرنگی دیم انجام شد، توجه به عواملی از جمله بافت خاک، توپوگرافی، دما و بارندگی در شناسایی مناطق مستعد برای کشت این محصول و

را دارا می‌باشد. این طبقات وسعت‌های متفاوتی از این استان را دربرمیگیرند. بنابراین به‌منظور تصمیم‌گیری-های کشاورزی در این استان بهتر است که این طبقات در نظر گرفته شوند. با توجه به اهمیت انتخاب محصول به‌منظور بهره‌برداری صحیح از منابع و افزایش تولید، و بررسی منابع که نشان می‌دهد تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی اثر دما و خاک بر گوجه‌فرنگی نشایی که در اراضی آبی استان کرمانشاه کشت می‌شود انجام نشده، این مطالعه با هدف بررسی اثر دما و خاک بر عملکرد این محصول در هریک از طبقات دمایی در برگیرنده این اراضی انجام شد تا میزان انطباق شرایط هر طبقه با نیازهای دمایی و خاکی این محصول تعیین گردد.

موارد و روش‌ها

منطقه پژوهش‌ها

استان کرمانشاه با وسعت حدود ۲۴۶۲۲/۶۲۳ کیلومتر مربع در میانه ضلع غربی کشور و در محدوده ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته و از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان های لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود شده است. این استان در مسیر شمالی-جنوبی رشته کوه زاگرس و بر روی یال غربی آن قرار گرفته است و تحت تأثیر دو رژیم متفاوت زمستانه و تابستانه قرار می‌گیرد.

تعیین طبقات دمایی و ایستگاه‌های هواشناسی

با هم‌پوشانی لایه رقومی طبقات دمایی با لایه رقومی اراضی آبی استان کرمانشاه، تعداد و محدوده طبقات دمایی در محدوده اراضی آبی استان تعیین شد. سپس به‌منظور بررسی دمای هر طبقه، در هر طبقه دمایی یک ایستگاه سینوپتیک انتخاب و برای هر ایستگاه سینوپتیک داده‌های اقلیمی یک دوره آماری سی ساله (۱۹۹۱-۲۰۲۱) جمع‌آوری شد.

تعیین نیازهای رویشی

برای ارزیابی تناسب اقلیم، خاک و زمین نما به‌روش فائو، پایه و اساس نیازهای رویشی (Crop requirements)

محصولات براساس اقلیم (Climate) و خاک و زمین نما (Soil and Landscape)، جداول تهیه شده توسط Sys و همکاران (۱۹۹۳) است که این جداول برای محصولات عمده زراعی و باغی کشور ایران، از جمله گوجه‌فرنگی، توسط متخصصین موسسه تحقیقات خاک و آب، با اصلاح و تطبیق آن‌ها براساس شرایط کشور ایران بومی‌سازی شده است (Seyed Jalali et al., 2019; Zainadini Meymand et al., 2019). این جداول که به صورت دو جدول مجزای نیازهای خاک و زمین نما، و نیازهای اقلیم می‌باشند، فاکتورهای اصلی تأثیرگذار بر عملکرد محصول را در نظر گرفته و به محققان کمک می‌کنند تا میزان مطلوبیت هریک از فاکتورهای یک منطقه را برای آن محصول بررسی نمایند.

بر اساس جدول نیازهای اقلیمی که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب برای گوجه‌فرنگی تهیه شده است، فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر عملکرد گوجه‌فرنگی شامل مجموع بارش سیکل رشد، میانگین دما در طول سیکل رشد، میانگین دمای جوانه زنی، میانگین دما در دوره رشد میوه، اختلاف دمای شب و روز در مرحله گلدهی، رطوبت نسبی در سیکل رشد می‌باشد. شایان ذکر است که مجموع بارش برای ارزیابی اقلیمی گیاهانی که به صورت آبی کشت می‌شوند مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. از آن‌جا که در این پژوهش بررسی نیازهای دمایی مد نظر بود، از بین فاکتورهای اقلیمی تنها ویژگی‌های دمایی مورد بررسی قرار گرفت و از آن بین، میانگین دمای جوانه‌زنی، به دلیل این‌که گوجه‌فرنگی نشایی مرحله جوانه‌زنی خود را در شرایط مطلوب خزانه طی می‌کند، از معیارهای مورد بررسی حذف و نهایتاً جدول ۱ حاصل شد. بر اساس جدول نیازهای خاک و زمین نما که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب برای گوجه-فرنگی تهیه شده است، ویژگی‌های خاک مورد بررسی برای گوجه‌فرنگی شامل درصد شیب، میزان سیل گیری، وضعیت زهکشی، عمق، بافت و ساختمان خاک، درصد حجمی سنگریزه، درصد گچ و آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد اشباع بازی، مجموع کاتیونهای بازی،

اسیدیته خاک، درصد مواد آلی، شوری و درصد سدیم
تبادل‌ی خاک می‌باشند (جدول ۲).

جدول ۱- نیازهای دمایی برای کشت آبی گوجه‌فرنگی

Table 1-Temperature requirements for irrigated tomato cultivation

درجه تناسب Rating scale							ویژگیهای دمایی Temperature characteristics
0	25	40	60	85	95	100	
>35		35-32	32-30	30-26	26-22		میانگین دما در طول سیکل رشد (°C)
<10		10-12	12-16	16-18	18-22		Mean temp. of growing cycle (°C)
<12		12-14	14-16	16-18	18-19		میانگین دما در دوره رشد میوه (°C)
>33		33-27	27-22	22-20	20-19		Mean temp. during yield form.period(°C)
		<1.5	1.5-4	4-6	6-6.5		اختلاف دمای شب و روز در مرحله گلدهی (°C)
		>11	11-9	9-7	7-6.5		Temp. diff. day/night flowering stage(°C)

جدول ۲- نیازهای خاک و زمین نما برای کشت آبی گوجه‌فرنگی

Table 2-Soil and landscape requirements for irrigated tomato cultivation

Class, degree of limitation and rating scale							
Land characteristics							
	S1		S2		S3		N1
	100	95	85	60	40	25	0
Topography (t)							
Slope(%)	(1)	0-1	1-2	2-4	4-6		>6
	(2)	0-2	2-4	4-8	8-16		>16
	(3)	0-4	4-8	8-16	16-30	30-50	>50
Wetness (w)							
Flooding		Fo	-	-	F1	-	F2+
Drainage	(4)	good	moderate	imperfect	poor and	poor but	poor not
	(5)	imperfect	moderate	good	aeric	drainable	drainable
Physical soil characteristics (s)							
Texture/structure		CL, L, SiCL, Si, Co, SiCs, SiL	C<60s, SC, SCL, SL	C>60s, LS, LfS, C<60v	C>60v, fS, LeS		Cm, SiCm, S, cS
Coarse fragment (vol%)		0-3	3-15	15-35	35-55		>55
Soil depth (cm)		>150	150-100	100-75	75-50		<50
CaCO ₃ primary		0-20	20-40	40-50	50-60		>60
secondary		0-6	6-15	15-25	25-35		>35
Gypsum(%)		0-10	10-25	25-40	40-50		>50
Soil fertility characteristics (f)							
Apparent CEC (cmol(+)/kg clay)		>24	24-16	<16(-)	<16(+)		
Base saturation(%)		>50	50-35	35-20	<20		
Sum of basic cations (cmol(+)/kg soil)		>5	5-3.5	3.5-2	<2		
pH(H ₂ O)		6.0-6.2	6.2-6.0	6.0-5.5	5.5-5.0	<5.0	
		6.0-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.2		>8.2
Organic carbon (%) (6)		>2	2-1.2	1.2-0.8	<0.8		
Salinity and Alkalinity(n)							
EC(dS/m)		0-3	3-5	5-8	8-10	>10	
ESP(%)		0-8	8-15	15-25	25-35	>35	

گردآوری دوره‌های فنولوژیک گوجه در هر منطقه
به منظور تهیه دوره‌های فنولوژیک، نخست بر پایه جدول نیازهای رویشی برای گوجه‌فرنگی (جدول ۱)، فرم خام دوره‌های فنولوژیک تهیه شد. با توجه به اهمیت تعیین صحیح دوره‌های فنولوژی، این فرم با استفاده از اطلاعات پرسش-نامه‌ای، تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی و اطلاعات کارشناسان این استان، برای هریک از طبقات دمایی مورد بررسی تکمیل شد.

تعیین درجه تناسب به روش فائو

در ارزیابی تناسب کیفی به روش فائو، ویژگی‌های مورد نظر زمین (خاک و زمین نما، و اقلیم) با احتیاجات محصول مورد نظر مطابقت داده می‌شوند. در تعیین تناسب هر یک از ویژگی‌ها به روش پارامتریک (ریشه دوم) که توسط Sys و همکاران (۱۹۹۱) ارائه شده، یک مقیاس عددی بین بیشینه ۱۰۰ و کمینه ۰، به هر کدام از ویژگی‌ها اختصاص می‌یابد. چنانچه یک ویژگی برای آن محصول کاملاً مناسب باشد، عدد ۱۰۰ و اگر محدودیت‌هایی وجود داشته باشد، نسبت به میزان محدودیتی که ایجاد می‌کند عدد کمتری برای آن در

نظر گرفته می‌شود. برای استفاده از درجه بندی جداول مذکور، در مواردی که ویژگی مورد نظر مقادیر عددی داشته باشد، از روش کالوگرو (Kalogirou, 2002) برای برقراری یک میانبایی خطی و در نتیجه محاسبه دقیق درجه تناسب استفاده می‌شود. سپس این درجه‌بندی عددی برای تعیین شاخص خاک و اقلیم وارد رابطه ۱ می‌شود.

به‌منظور تعیین شاخص اقلیمی، ابتدا خصوصیات آب و هوایی (۴ گروه بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی و تابش خورشید) برای آن کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و برای هر گروه آب و هوایی پارامتری که کمترین عدد درجه‌بندی را داشته باشد درجه آن گروه را تعیین می‌کند. سپس با تلفیق درجات (کمترین عدد درجه‌بندی هر گروه) به روش خیدیر (ریشه دوم) شاخص اقلیم (CI) محاسبه می‌شود (رابطه ۱) و در نهایت با استفاده از روابط ۲ و ۳ درجه نهایی تناسب اقلیم (CR) تعیین می‌شود (Khidir, 1986; Sys et al., 1993). درجه اقلیمی میزان تناسب ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه را برای کشت هر محصول در آن منطقه بیان می‌کند (Bagherzadeh et al., 2012).

$$I = R_{\min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که I شاخص، $R_{\min}$ حداقل درجه مربوط به ویژگی-های مختلف و A ، B و ... درجات ویژگی‌های دیگر به‌غیر از ویژگی با درجه حداقل است.

CR= 16.67 + 0.9 CI	25 < CI < 92.5	اگر	رابطه (۲)
CR= 1.6 CI	CI < 25	اگر	رابطه (۳)

برای محاسبه شاخص خاک (SI) با استفاده از روش ریشه دوم، ابتدا از مطالعات خاکشناسی انجام شده در مناطق مورد مطالعه استفاده و مقادیر ویژگی-های مورد نظر (بر اساس جدول ۲) استخراج و تعیین شدند. سپس هر یک از ویژگی‌های مورد بررسی خاک،

در این پژوهش به منظور تعیین نقش دما در کاهش عملکرد، تنها معیارهای مرتبط با دما در نظر گرفته شد. بنابراین شاخص اقلیمی برابر با کمترین درجه گروه دمایی در نظر گرفته شد.

در روش ریشه دوم برطبق قانون حداقل لیبیک (Liebig) محدودکننده‌ترین مشخصه خارج از رادیکال قرار داده می‌شود و از سایر مشخصه‌ها جذر گرفته می‌شود تا باعث کاهش اثرات متقابل آن‌ها شود. بنابراین مطابق با این قانون ویژگی با کمترین درجه تناسب خارج از رادیکال قرار گرفته و به‌عنوان محدودکننده‌ترین عامل شناخته می‌شود. از این رو می‌توان از آن برای یافتن عوامل محدودکننده اراضی استفاده کرد (Bagheri, 2011).

بر مبنای جدول نیازهای خاک و زمین‌نما (جدول ۲) درجه بندی و سپس درجه‌های بدست آمده در رابطه ۱ قرار گرفته و این بار شاخص خاک محاسبه شد. سپس کلاس تناسب خاک با استفاده از شاخص‌های محاسبه شده و گروه‌بندی پیشنهادی Sys و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد (جدول ۳). در گام بعدی برای بازنمایی کلاس‌های تناسب خاک تعیین شده، از نرم‌افزار ArcGIS (9.3) استفاده شد.

جدول ۳- کلاس‌های تناسب بر پایه شاخص فائو (Sys et al., 1991)

Table 3- Suitability classes according to the FAO soil index (SI)

کلاس تناسب	میزان تناسب	شاخص تناسب فائو
S ₁	خیلی مناسب (تناسب زیاد)	۷۵-۱۰۰
S ₂	تناسب متوسط	۵۰-۷۵
S ₃	تناسب بحرانی	۲۵-۵۰
N	نامناسب	۰-۲۵

نتایج و بحث

تعیین طبقات دمایی و ایستگاه‌های هواشناسی

پس از هم‌پوشانی لایه رقومی طبقات دمایی با لایه رقومی اراضی آبی استان کرمانشاه، مشخص شد که اراضی آبی استان سه طبقه از پنج طبقه نقشه دمایی را در بر می‌گیرند. این طبقات به ترتیب وسعت شامل: طبقه سرد با دمای بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد، طبقه معتدل با دمای بین ۱۵ تا ۱۸/۵ درجه سانتیگراد و طبقه گرم با دمای بین ۱۸/۵ تا ۲۲ درجه سانتیگراد هستند (شکل ۱). برای انجام پژوهش در هر طبقه دمایی یک ایستگاه سینوپتیک انتخاب شد. مشخصات طبقات دمایی در محدوده اراضی آبی استان کرمانشاه و ایستگاه‌های سینوپتیک انتخاب شده در جدول ۴ ارائه شده است.

درجه تناسب دمایی و محدودیت‌های دمایی

پس از تعیین دوره‌های فنولوژیک برای هر یک از طبقات دمایی مورد بررسی، مقادیر دما برای ویژگی‌های دمایی

مورد بررسی تعیین شد و با استفاده از جدول ۱ درجه تناسب هر یک از آن‌ها محاسبه شد. با استفاده از روابط ۲ و ۳ شاخص اقلیمی طبقات دمایی تعیین شد. جدول ۵ پارامترهای دمایی و نتایج ارزیابی آن‌ها برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشائی در هر یک از مناطق دمایی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر پایه این جدول در طبقه دمایی سرد، میانگین دما در مرحله گلدهی، محدود-کننده‌ترین عامل برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی بوده و در طبقه‌های دمایی معتدل و گرم، میانگین دما در دوره رشد میوه بیشترین محدودیت را برای کشت این محصول ایجاد کرده است. بر مبنای جدول نیازهای دمایی برای گوجه‌فرنگی (جدول ۱)، دمای مطلوب در مرحله گلدهی ۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این درحالی است که مقدار محاسبه شده این پارامتر برای طبقه دمایی سرد ۹/۶ درجه سانتی‌گراد و در نتیجه درجه تناسب آن حدود ۷۵ می‌باشد. در طبقه معتدل، میانگین دما در دوره رشد میوه حدود ۲۴/۵ محاسبه

شده که با توجه به میزان مطلوب آن که ۱۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، طبق محاسبات، درجه تناسب آن حدود ۷۲/۵ است. همچنین میانگین دما در دوره رشد میوه برای طبقه دمایی گرم، معادل ۳۰/۲ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد که تفاوت زیادی با دمای مطلوب ۱۹ درجه سانتی‌گراد داشته و موجب کاهش درجه تناسب تا ۴۹/۲ شده است. در نتیجه می‌توان گفت که در این طبقه دمایی، میانگین دما در دوره رشد میوه به‌تنهایی موجب کاهش تناسب اقلیمی به میزان قابل توجهی شده است. در مجموع بر اساس درجات تناسب اقلیمی محاسبه شده برای طبقات سرد، معتدل و گرم، که به ترتیب حدود ۸۴، ۸۲ و ۶۱ بود، عامل دما در این طبقات

دمایی به‌ترتیب ۲۶٪، ۲۸٪، و ۳۹٪ در کاهش عملکرد نسبت به شرایط بالقوه مؤثر خواهد بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پتانسیل دمایی استان کرمانشاه برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در سه طبقه مورد بررسی متفاوت بوده و مناطق شرقی استان مناسب‌ترین مناطق برای کشت این محصول می‌باشند و از شرق به‌سوی غرب منطقه، میزان استعداد برای کشت گوجه‌فرنگی کاسته می‌شود و در نواحی غربی استان دارای محدودیت نسبتاً زیاد دمایی در دوره رشد میوه وجود دارد. این نتایج، نزدیکی زیادی به یافته‌های مطالعات پیشین از جمله Alamdari & Amanifar (۲۰۱۶) و Halabian & Esmaeli (۲۰۱۷) دارد.

جدول ۴- مشخصات طبقات دمایی در محدوده اراضی آبی استان کرمانشاه و ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده

Table 4- Temperature classes in the irrigated lands of the Kermanshah province and used synoptic stations

موقعیت ایستگاه سینوپتیک Synoptic station location		ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	وسعت طبقه دمایی در اراضی آبی (هکتار) The area of temperature class in the irrigated lands (hectares)	آستانه دمایی Temperature threshold (°C)	طبقه دمایی Temperature class
طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی latitude				
47° 59' 00" E	34° 30' 00 " N	کنگاور Kangavar	103759.1	10-15	سرد Cold
47° 09' 00" E	34° 21' 00 " N	کرمانشاه Kermanshah	173599.3	15-18.5	معتدل Temperate
47° 52' 00" E	34° 27' 00 " N	سرپل ذهاب Sarpol zahab	33183.2	18.5-22	گرم Hot

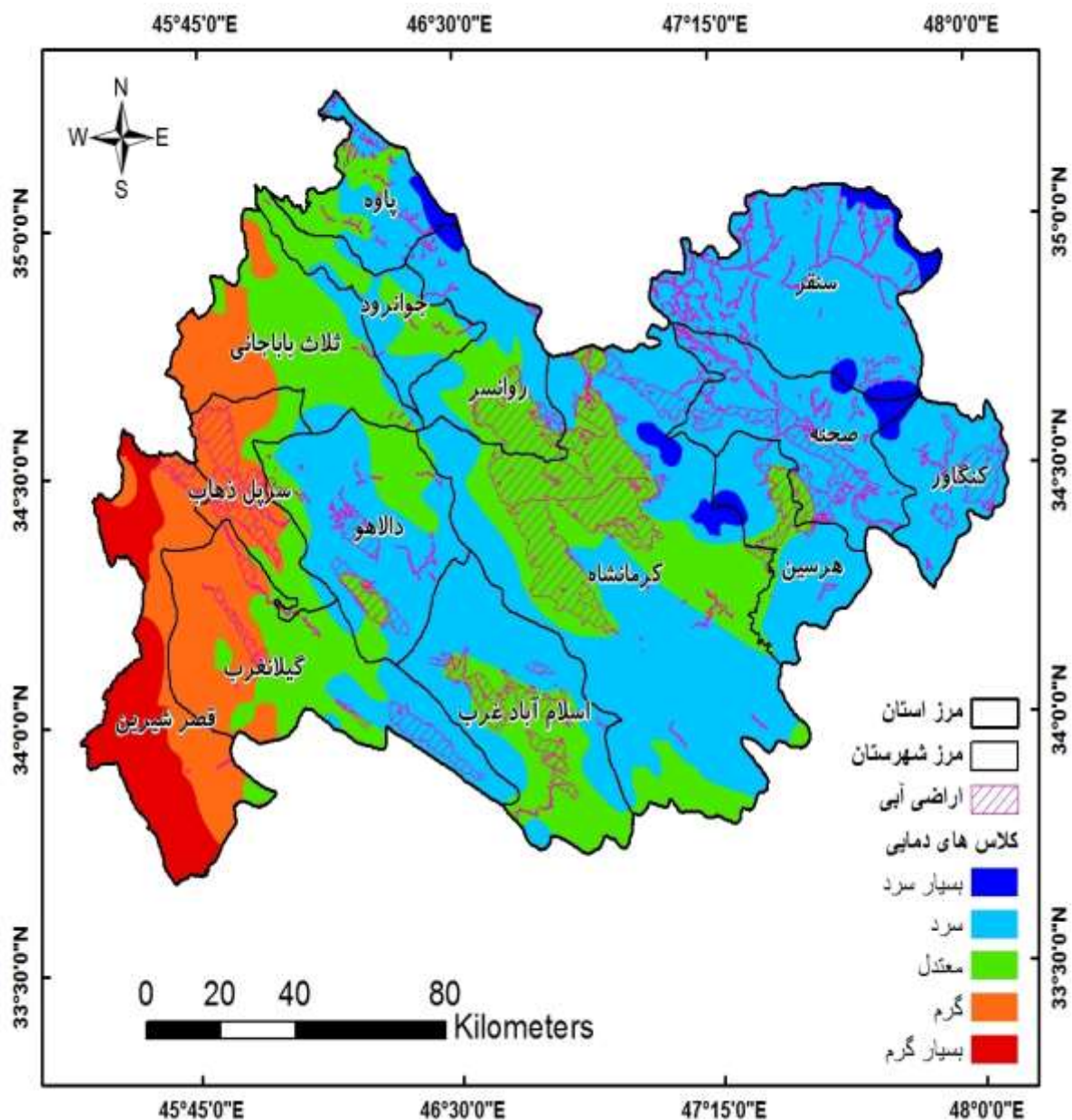
مهم‌ترین محدودیت‌های خاک

بطور کلی بر مبنای جدول ۶ و شکل‌های ۲ و ۳ از بین ویژگی‌های خاک بررسی شده برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی، مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد این محصول در استان کرمانشاه شامل اسیدیته خاک، شیب، زهکشی و خصوصیات فیزیکی خاک (بافت و ساختمان خاک و سنگریزه) می‌باشند. بررسی مطالعات خاکشناسی پیشین نشان می‌دهد که شیب اراضی در بسیاری از موارد در حد ۶/۵ درصد می‌باشد که موجب کاهش درجه تناسب این ویژگی تا ۱۲/۵ می‌شود.

اسیدیته خاک در بسیاری از موارد بالا بوده و در بسیاری از موارد به بیش از ۸/۲ می‌رسد و در نتیجه درجات تناسب محاسبه شده برای این ویژگی تا ۲۵ و کمتر از آن کاهش می‌یابد. همچنین زهکشی در برخی نقاط نامطلوب است که درجه تناسب برای این ویژگی را تا ۷۲/۵ کاهش خواهد داد. مجموع این عوامل در کنار عوامل دیگری از جمله شوری خاک تا ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر (کاهش درجه تناسب تا ۳۲)، موجب کاهش شاخص خاک برای کشت این محصول شده است. بطور کلی با توجه به جدول ۶ و شکل‌های ۲ و ۳، اسیدیته

بعد از شیب مهم‌ترین عامل محدودکننده محصول گوجه
فرنگی نشایی است.

خاک مهم‌ترین عامل کاهش تولید در دو منطقه دمایی
معتدل و گرم می‌باشد. در طبقه دمایی سرد نیز اسیدیته



شکل ۱- موقعیت طبقات دمایی و اراضی آبی استان کرمانشاه

Figure 1- The location of temperature classes and irrigated lands of Kermanshah province

جدول ۵- پارامترهای دمایی و نتایج ارزیابی آن‌ها برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در طبقات دمایی مورد مطالعه

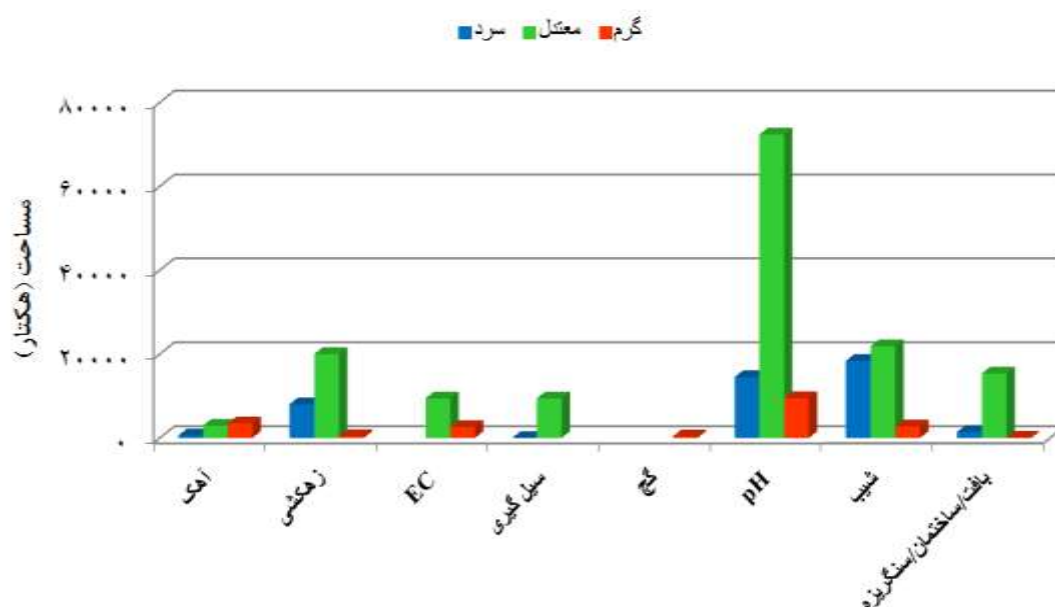
Table 5- Temperature parameters and their suitability evaluation results for tomato cultivation in the studied temperature classes

درجه اقلیمی (CR) Climate Rating	شاخص اقلیمی (CI) Climate Index	درجه نهایی گروه Group rating	درجه Rating	دما مقدار (°C) Tempera ture	بازه زمانی Period	پارامتر دمایی Climatic characteristics	طبقه دمایی Temperature class
83.57	74.33	74.33	99.16	21.33	۱ خرداد تا ۵ مهر May 22 to September 27	میانگین دما در طول دوره رشد Mean temp. of growing cycle (°C)	سرد Cold
			82.28	22.54	۲۰ تیر تا ۳۰ شهریور July 11 to September 21	میانگین دما در دوره رشد میوه Mean temp. during yield form. period (°C)	
			74.33	9.6	۲۰ خرداد تا ۲۰ تیر June 10 to July 11	اختلاف دمای شب و روز در مرحله گلدهی Temp. diff. day/night flowering stage (°C)	
82.0	72.58	72.58	98.63	23.09	۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ مهر April 30 to October 2	میانگین دما در طول دوره رشد Mean temp. of growing cycle (°C)	معتدل Temperate
			72.58	24.48	۱ مرداد تا ۱۰ مهر July 23 to October 2	میانگین دما در دوره رشد میوه Mean temp. during yield form. period (°C)	
			80.42	9.37	۱ تیر تا ۳۱ تیر June 22 to July 22	اختلاف دمای شب و روز در مرحله گلدهی Temp. diff. day/night flowering stage (°C)	
61.07	49.33	49.33	98.71	20.97	۱ اسفند تا ۲۰ تیر July 11 to July 11	میانگین دما در طول دوره رشد Mean temp. of growing cycle (°C)	گرم Hot
			49.33	30.2	۲۰ خرداد تا ۲۰ تیر June 10 to July 11	میانگین دما در دوره رشد میوه Mean temp. during yield form. period (°C)	
			92.65	7.47	۱ اردیبهشت تا ۳۰ اردیبهشت April 21 to May 20	اختلاف دمای شب و روز در مرحله گلدهی Temp. diff. day/night flowering stage (°C)	

جدول ۶- مساحت نسبی عوامل محدودکننده تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به تفکیک طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه (بر حسب هکتار)

Table 6- The relative area of limiting factors of the soil suitability for tomato cultivation in the studied temperature classes in Kermanshah province (in hectares)

بافت/ساختمان/سنگریزه Texture / Structure	شیب Slope	pH	گچ Gypsum	سیل گیری Flooding	EC	زهکشی Drainage	آهک CaCO ₃	طبقه دمایی Temperature class
1451.0	18391.0	14519.8		7.3		8055.7	592.2	سرد Cold
15398.7	21891.0	72357.4		9443.0	9443.0	20014.2	2957.3	معتدل Temperate
100.4	2758.1	9482.9	370.9		2643.8	472.1	3448.7	گرم Hot



شکل ۲- مساحت نسبی عوامل محدودکننده تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به تفکیک طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه (بر حسب هکتار)

Figure 2- The relative area of limiting factors of the soil suitability for tomato cultivation in the studied temperature classes in Kermanshah province (in hectares)



شکل ۳- درصد نسبی عوامل محدودکننده تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به تفکیک طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه: الف) سرد، ب) معتدل، ج) گرم

Figure 3- The relative percentage of limiting factors of the soil suitability for cultivation of tomatoes in the studied temperature classes in Kermanshah province: a) cold, b) moderate, c) hot

شاخص خاک و محدودیت‌های خاک

بر مبنای شاخص خاک محاسبه شده و با استفاده از جدول ۳، کلاس‌های تناسب خاک تعیین شد. شکل‌های ۴ و ۵ و جدول ۷ نتیجه کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی را در سه طبقه دمایی مورد بررسی در استان کرمانشاه نشان می‌دهد. در ادامه درصد نسبی مساحت کلاس‌های تناسب خاک به تفکیک شهرستان‌های واقع در هر طبقه دمایی در شکل ۶ و مساحت کلاس‌های تناسب خاک در شکل ۷ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین این مساحت‌ها به تفکیک شهرستان‌های این استان در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج ارزیابی تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در طبقه دمایی سرد نشان داد که حدود ۴ درصد از اراضی مطالعه شده این طبقه دمایی در کلاس مناسب (S₁)، ۲۹ درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S₂)، حدود ۵۴ درصد در کلاس تناسب کم (S₃) و مابقی (۱۳/۴ درصد) در کلاس نامناسب (N) قرار دارد و عواملی از جمله محدودیت‌های ناشی از شیب، اسیدیته، و زهکشی می‌تواند رشد و تولید این محصول را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که از بین اراضی واقع در این طبقه دمایی،

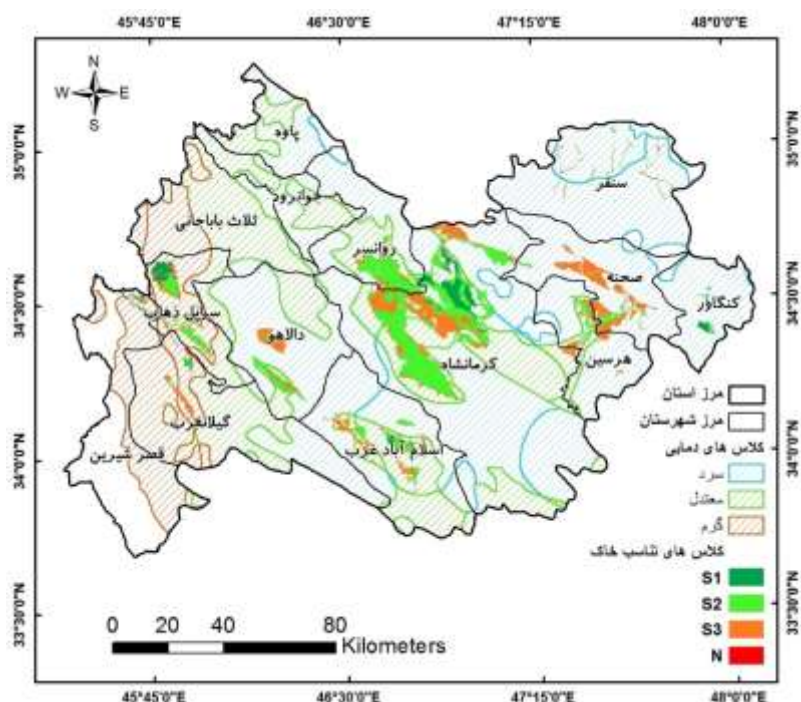
شهرستان کنگاور بیشترین تناسب را برای کشت این محصول دارا می‌باشد. نیز پتانسیل کشت گوجه‌فرنگی نشایی در حدود نیمی از اراضی آبی شهرستان‌های روانسر، کرمانشاه، اسلام آباد غرب وجود دارد. ارزیابی تناسب خاک در طبقه دمایی معتدل نیز نشان داد که ۷/۳ درصد از اراضی آبی مطالعه شده در این طبقه دمایی، در کلاس مناسب (S₁)، حدود ۲۸ درصد در کلاس تناسب کم (S₃)، حدود ۱۲ درصد در کلاس نامناسب (N)، و مابقی یعنی بیش از نیمی از این اراضی (حدود ۵۲ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب (S₂) برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی قرار دارند. بررسی عوامل کاهش دهنده تناسب خاک برای کشت این محصول نشان می‌دهد که پس از اسیدیته، محدودیت‌های ناشی از شیب، زهکشی و خصوصیات فیزیکی خاک (بافت و ساختمان خاک و سنگریزه) می‌تواند میزان رشد و تولید این محصول را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بر مبنای نتایج به دست آمده، از بین اراضی واقع در این طبقه دمایی، به ترتیب اراضی واقع در شهرستان‌های روانسر، کرمانشاه و دالاهو بیشترین تناسب را برای کشت این محصول دارا می‌باشند.

بررسی درصد مساحت کلاس‌های تناسب نشان داد که بیش از نیمی از اراضی واقع شده در طبقه دمایی سرد، برای کشت آبی این محصول در کلاس تناسب بحرانی (S_3) قرار دارند و بیش از نیمی از اراضی آبی واقع در طبقه دمایی معتدل دارای خاک با کلاس تناسب متوسط (S_2) می‌باشند. بر پایه این نتایج می‌توان گفت که مجموع مساحت اراضی کلاس‌های خیلی مناسب (S_1) و با تناسب متوسط (S_2) در اراضی آبی طبقات دمایی سرد، معتدل و گرم به ترتیب حدود ۳۳، ۶۰ و ۵۴ درصد خواهد بود و به‌طور کلی اراضی غرب استان دارای خاک با تناسب کمتر برای کشت این محصول می‌باشند (شکل ۴).

بر این اساس نتایج این پژوهش با پژوهش‌های زیادی از جمله Alamdari & Amanifar (۲۰۱۶) در آذربایجان شرقی، و singh و همکاران (۲۰۱۷) و Kumar و همکاران (۲۰۲۲) در کشور هند نزدیکی زیادی دارد. این پژوهش‌گران نیز عواملی از جمله شیب، اسیدیته و بافت خاک را از عوامل اصلی محدودکننده رشد گوجه‌فرنگی دانسته‌اند.

بر پایه نتایج ارزیابی تناسب خاک در طبقه دمایی گرم، حدود ۲۱ درصد از اراضی آبی مطالعه شده در این طبقه دمایی، در کلاس مناسب (S_1)، حدود ۳۴ درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، حدود ۳۷ درصد در کلاس تناسب کم (S_3)، و مابقی (حدود ۸ درصد) در کلاس نامناسب (N) برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی قرار دارد. پس از اسیدیته که مهم‌ترین عامل کاهش دهنده تناسب خاک در حدود نیمی از این اراضی خواهد بود، محدودیت‌های ناشی از آهک، شوری و شیب می‌توانند میزان تولید این محصول را تحت‌تأثیر قرار دهند. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده، از بین اراضی واقع در این طبقه دمایی، شهرستان سرپل ذهاب بیشترین تناسب را برای کشت این محصول دارا می‌باشد و شهرستان قصرشیرین در رتبه دوم اراضی مناسب برای کشت این محصول قرار می‌گیرد.

بر مبنای نتایج به‌دست آمده، در هر سه طبقه دمایی هر چهار کلاس تناسب دیده می‌شود. اما بیشترین مساحت کلاس خیلی مناسب (S_1) و کلاس تناسب متوسط (S_2) در طبقه دمایی معتدل قرار دارد. همچنین



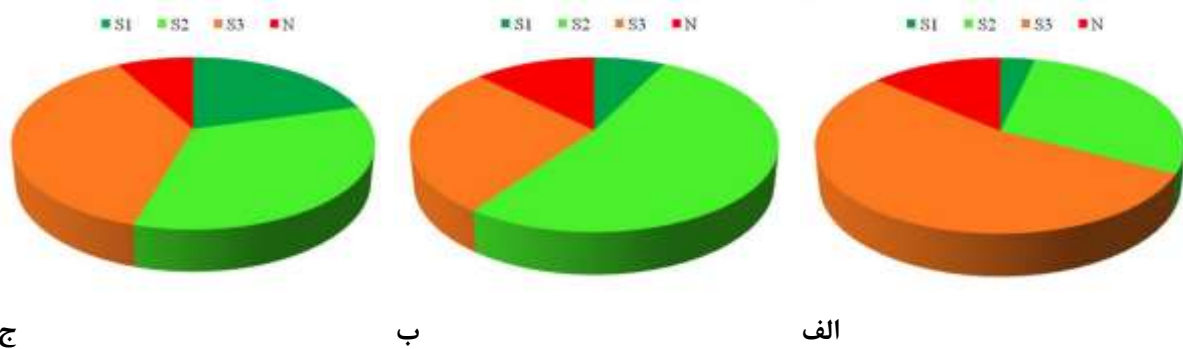
شکل ۴- نقشه کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در اراضی مورد مطالعه

Figure 4- The map of soil suitability classes for tomato cultivation in the studied lands

جدول ۷- مساحت نسبی کلاس‌های تناسب خاک به روش فائو برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به تفکیک طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه

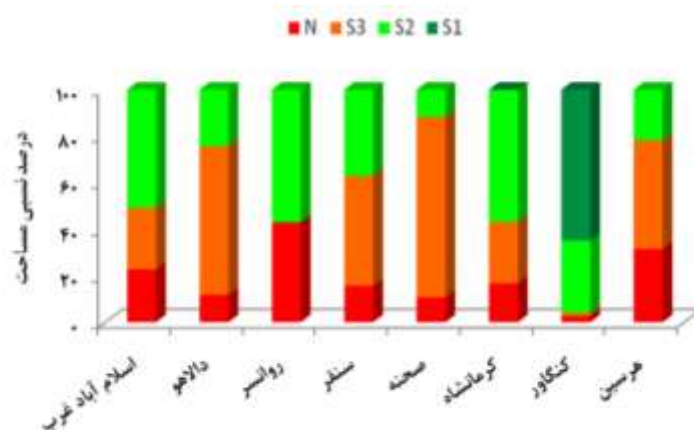
Table 7- The relative area of soil suitability classes according to the FAO method for tomato cultivation according to the studied temperature classes in Kermanshah province

N	S ₃		S ₂		S ₁		طبقه دمایی
درصد مساحت (%)	وسعت (هکتار) area	درصد مساحت (%)	وسعت (هکتار) area	درصد مساحت (%)	وسعت (هکتار) area	درصد مساحت (%)	Temperature class
Percentage	(hectares)	Percentage	(hectares)	Percentage	(hectares)	Percentage	(hectares)
13.4	6043.1	53.6	24118.1	29.0	13032.0	3.6	سرد Cold
12.4	19349.0	27.8	43162.2	52.3	81268.0	7.3	معتدل Temperate
7.9	1955.5	37.2	9172.1	33.6	8283.0	20.5	گرم Hot

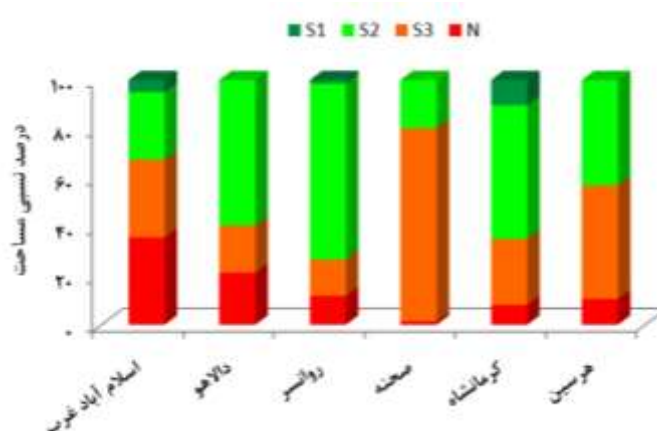


شکل ۵- مساحت نسبی کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به تفکیک طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه: الف) سرد، ب) معتدل، ج) گرم

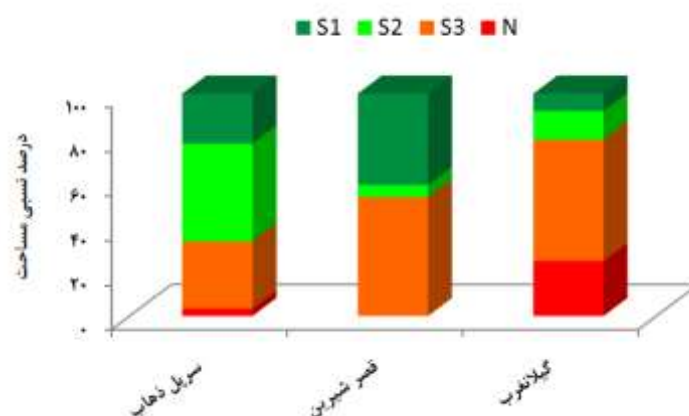
Figure 5- The relative area of the soil suitability classes for tomato cultivation according to the studied temperature classes in Kermanshah province: a) cold, b) moderate, c) hot



الف



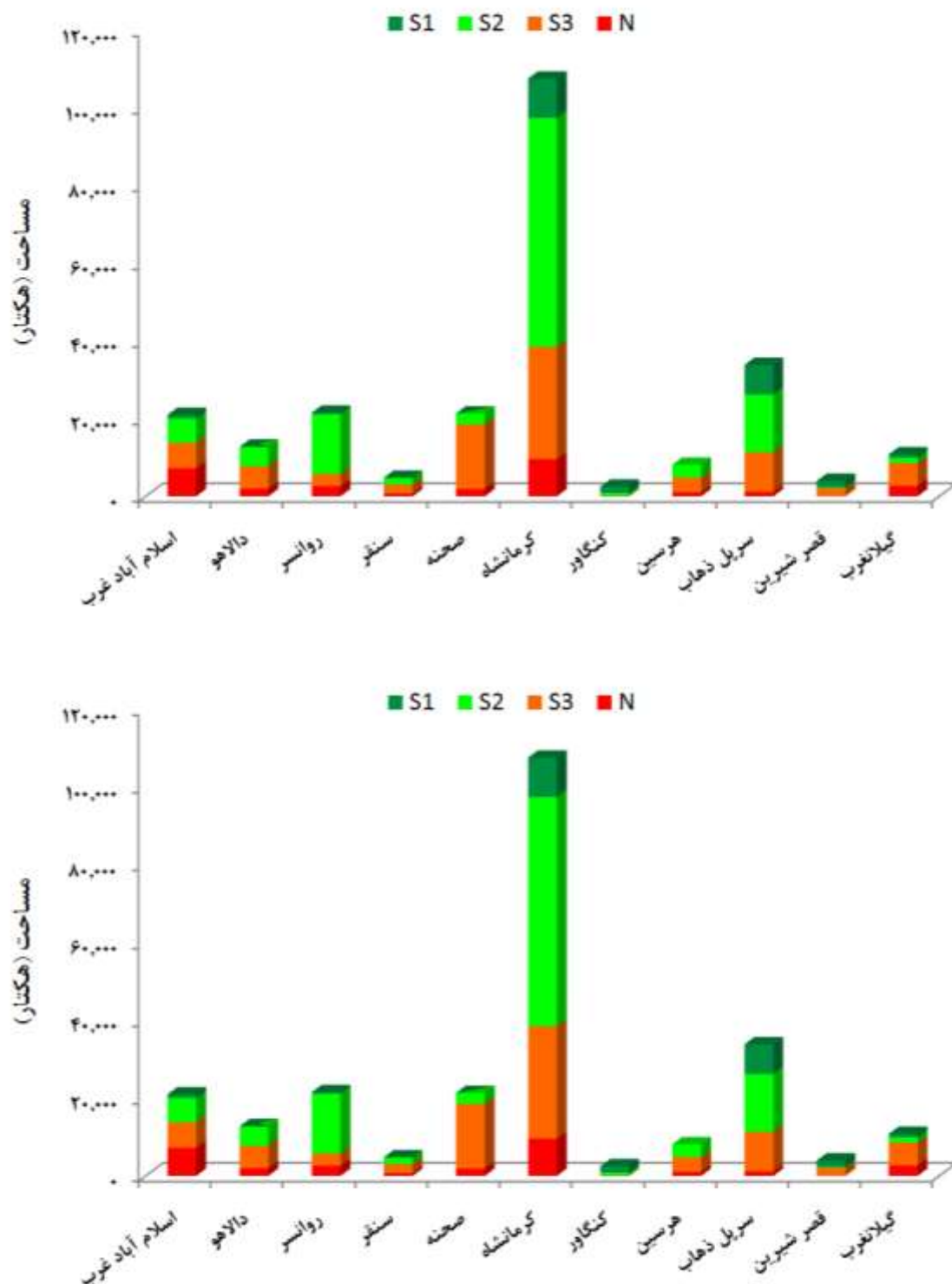
ب



ج

شکل ۶- درصد نسبی مساحت کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در هر یک از شهرستان‌های واقع در هر یک از طبقات دمایی مورد مطالعه در استان کرمانشاه: الف) سرد، ب) معتدل، ج) گرم

Figure 6- The relative percentage of the area of the soil suitability classes for tomato cultivation in the cities located in the studied temperature classes in Kermanshah province: a) cold, b) moderate, c) hot



شکل ۷- مساحت کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در استان کرمانشاه (بر حسب هکتار)

Figure 7- The area of soil suitability classes for tomato cultivation in Kermanshah province (in hectares)

دمایی) برای طبقات دمایی سرد، معتدل و گرم، درجات تناسب اقلیمی این سه طبقه دمایی (سرد، معتدل و گرم)، برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی به ترتیب

مقایسه نتایج تناسب دما و خاک همان‌طور که پیش از این اشاره شد، بر اساس نتایج تناسب اقلیمی محاسبه شده (بر مبنای پارامترهای

حدود ۸۴، ۸۲ و ۶۱ می‌باشد، اما نتایج تناسب خاک نشان داد که اراضی آبی طبقه دمایی معتدل، دارای خاک‌های مناسب‌تری برای کشت این محصول می‌باشند. همچنین طبقه دمایی گرم علیرغم این که مساحت قابل توجهی از خاک‌های مناسب برای تولید این محصول را دارهستند، دمای نسبتاً نامناسب برای کشت آن دارد. در نتیجه چنانچه تصمیم‌گیری‌ها تنها بر مبنای مناسب بودن خاک منطقه صورت گیرد می‌تواند منجر به خسارت‌های جبران‌ناپذیری گردد.

براین اساس می‌توان گفت که موارد بسیار زیادی در عملکرد نهایی محصول مؤثر خواهند بود، بنابراین بهتر است قبل از کاشت، مطالعاتی از جمله مطالعات خاکشناسی و پیرو آن بررسی تناسب اقلیمی و خاک انجام شود تا میزان تناسب اراضی تعیین شود. نتایج این مطالعات محدودیت‌های موجود برای کشت این محصول را نشان می‌دهد و میزان کاهش محصول توسط این محدودیت‌ها را تعیین می‌نماید تا در صورت مطلوب نبودن اراضی از سرمایه‌گذاری‌های اشتباه جلوگیری شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت مطالعات ارزیابی تناسب اراضی و در عین حال هزینه‌بر بودن مطالعات خاکشناسی، ابتدا فاز اول ارزیابی تناسب اراضی که مطالعه تناسب اقلیم منطقه برای محصولات موردنظر است انجام شود، سپس در صورت مناسب بودن اقلیم، مطالعه خاک انجام شود. اینگونه مطالعات سبب می‌شود علاوه بر حفظ منابع خاک و آب، از خسارات وارده بر محصول که می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری برای سرمایه‌گذاران داشته باشد جلوگیری شود و بطور کلی ریسک سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی کاهش یابد.

نتیجه‌گیری کلی

هدف از این پژوهش تعیین تناسب دمایی و خاک در استان کرمانشاه برای کشت گوجه فرنگی بود. نتایج این مطالعه نشان داد که کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در استان کرمانشاه با محدودیت‌های دمایی مواجه بوده که

مهم‌ترین آن میانگین دما در دوره رشد میوه در طبقه دمایی گرم (مناطق غربی استان کرمانشاه به خصوص شهرستان سرپل ذهاب) می‌باشد. به‌طوری‌که عامل دما به‌تنهایی در طبقات دمایی سرد، معتدل و گرم، به‌ترتیب ۲۶٪، ۲۸٪ و ۳۹٪ در کاهش عملکرد نسبت به شرایط بالقوه تأثیرگذار خواهد بود. به‌طورکلی می‌توان گفت که بر اساس شرایط دمایی، اراضی آبی غرب استان کرمانشاه قابلیت کمتری برای تولید گوجه‌فرنگی نشایی به‌صورت آبی دارد. از سویی دیگر نتایج حاصل از کلاس تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی نشان داد که بیش از نیمی از اراضی واقع شده در طبقات دمایی معتدل و گرم را خاک‌هایی با کلاس خیلی مناسب (S1) و کلاس تناسب متوسط (S2) برای کشت این محصول به خود اختصاص می‌دهند. اما بیش از نیمی از خاک‌های طبقه سرد برای کشت این محصول دارای تناسب کم (S3) می‌باشند. مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید این محصول در سه طبقه دمایی مورد مطالعه عبارتند از اسیدیته خاک، شیب، زهکشی و خصوصیات فیزیکی خاک (بافت و ساختمان خاک و سنگریزه) بطوریکه اسیدیته خاک مهم‌ترین عامل محدودکننده محصول در دو منطقه دمایی معتدل و گرم بوده و در طبقه دمایی سرد، شیب و اسیدیته به‌ترتیب دو عامل مهم کاهش تولید گوجه‌فرنگی نشایی می‌باشند. با توجه به نتایج تناسب دما و خاک می‌توان گفت که طبقه دمایی معتدل دارای شرایط دمایی و خاک نسبتاً مناسب‌تری برای کشت این محصول می‌باشد.

جدول ۸- مساحت کلاس‌های تناسب خاک برای کشت آبی گوجه‌فرنگی نشایی در هر یک از شهرستان‌های واقع در هر یک از طبقات دمایی در استان کرمانشاه

Table 8- The area of soil suitability classes for tomato cultivation in cities located in the studied temperature classes in Kermanshah province

شهرستان City	کلاس تناسب Suitability class	اسلام آباد غرب Eslam abade gharb	دالاهو Dalahoo	روانسر Ravansar	سنقر Sonqor	صحنه Sahne	کرمانشاه Kermanshah	کنگاور Kangavar	هرسین Hersin	سرپل ذهاب Sarpol zahab	قصر شیرین Qasre shirin	گیلانغرب Gilane gharb	طبقه دمایی Temperature class
	S1	—	—	—	—	—	7.6	1600.8	—	—	—	—	
سرد Cold	S2	964.9	1799.4	135.1	1774.6	2017.8	5344.0	763.8	217.6	—	—	—	
	S3	500.2	4737.1	—	2268.5	13523.8	2496.8	35.5	469.7	—	—	—	
	N	432.4	881.2	101.9	753.8	1875.4	1581.7	65.5	316.0	—	—	—	
	S1	947.8	—	305.7	—	—	10116.7	—	—	—	—	—	
معتدل Temperate	S2	5253.2	3178.5	15301.1	—	771.0	53658.3	—	3063.0	—	—	—	
	S3	6051.6	1034.5	3156.0	—	3100.4	26438.8	—	3311.6	—	—	—	
	N	6823.0	1140.3	2525.1	—	55.8	8001.9	—	755.6	—	—	—	
	S1	—	—	—	—	—	—	—	—	3802.5	812.6	422.4	
	S2	—	—	—	—	—	—	—	—	7444.8	108.1	695.7	
گرم Hot	S3	—	—	—	—	—	—	—	—	5089.1	1057.8	2949.4	
	N	—	—	—	—	—	—	—	—	592.0	—	1339.8	
	S1	947.8	0.0	305.7	0.0	0.0	10124.3	1600.8	0.0	7605.1	1625.1	844.8	
کل اراضی آبی استان کرمانشاه	S2	6218.1	4977.9	15436.2	1774.6	2788.9	59002.2	763.8	3280.5	14889.6	216.3	1391.4	
	S3	6551.8	5771.6	3156.0	2268.5	16624.2	28935.6	35.5	3781.3	10178.2	2115.7	5898.8	
	N	7255.4	2021.5	2627.0	753.8	1931.2	9583.6	65.5	1071.6	1184.1	—	2679.5	

References

- AbdelRahman, M. A., Natarajan, A., & Hegde, R. (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 125-141.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.02.001>
- Ahmadi, O., Alamdari, P., servati, M., & khoshzaman, T. (2020). Investigate the suitability and capability of lands using parametric methods to achieve sustainable development. *Geography and Development*, 18(61), 1-28.
<https://doi.org/10.22111/gdij.2021.5832> (In Persian)
- Alamdari, P., & Amanifar, S. (2016). Land suitability classification of East Azerbaijan research station for tomato, potato, onion and bean. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 6(1047-2017-1650), 117-122.
- Asadi Oskouei, E., Delsouz Khaki, B., Kouzegaran, S., Navidi, M. N., Haghighatd, M., Davatgar, N., & Lopez-Baeza, E. (2022). Mapping Climate Zones of Iran Using Hybrid Interpolation Methods. *Remote Sensing*, 14(11), 2632.
<https://doi.org/10.3390/rs14112632>
- Bagheri Bodaghabadi, M. 2011. *Applied land evaluation and land use planning*, 2nd edn. Pelk publication, Tehran. 385 pp. (In Persian)
- Bagheri Bodaghabadi, M., Ebrahimi Meiman, F., Mehnatkesh, A., & Mousavi, S. A. (2020). Evaluation of Land Suitability for Horticultural Use Case Study: Saman County, Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Geography and Environmental Planning*, 31(1), 53-72.
<https://doi.org/10.22108/gep.2020.119932.1224> (In Persian)
- Bagherzadeh, H., Bagherzadeh, A., & Moeinrad, H. (2012). Land suitability evaluation for wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium herbaceum* L.) production using GIS at Neyshabour plain. *Journal Of Agroecology*, 4(1), 41-51.
- Delsouz Khaki, B. D., Honarjoo, N., Davatgar, N., Jalalian, A., & Torabi Gol sefidi, H. (2018). Land Suitability Evaluation and Inherent Soil Fertility Quality for Rice Cultivation in Paddy Fields of Shaft and Fouman Counties. *Iranian Journal of Soil Research*, 32(1), 115-127.
- Delsouz Khaki, B., Honarjoo, N., Davatgar, N., Jalalian, A., & Torabi, H. (2019). Determining the most important soil fertility properties affecting rice yield in paddy fields using principal component analysis. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(1), 25-38.
- FAO, F. A. O. S. T. A. T. (2013). *Food and Agriculture Organisation of the United Nations*. Retrieved on 11 6. 2013.
- Ghanbari, F., & Sayyari, M. (2020). Evaluation of Drought and Cold Treatments on Growth and Yield of Tomato in Field Conditions. *Journal Of Horticultural Science*, 34(1), 171-183.
<https://doi.org/10.22067/jhorts4.v34i1.82485> (In Persian)
- Haghighi, M., & Mozaffarian, M. (2015). Application of Amino Acid on Growth and Development and Yield of Greenhouse Tomatoes and Bell Peppers. *Journal of Vegetables Sciences*, 1(2), 59-64.
<https://doi.org/10.22034/iuvs.2015.15372> (In Persian)
- Halabian, A. H., & Esmaeli, N. (2017). Land Suitability Evaluation Based on the Climatic Elements for Canola Cultivation Using Fuzzy and AHP Model in Kordestan. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 133-150. (In Persian)
- Javadi, Z., Fallah-Ghalhari, G., & Entezari, A. (2014). The role of climatic

- parameters on yield of almond. Case Study: Sabzevar. *Journal of Climate Research*, 1393(17), 125-141. (In Persian)
- Jones J. 2007. *Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden*. CRC Press.
- Kalogirou, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Computers, environment and urban systems*, 26(2-3), 89-112.
- Kamali, G., Mollaei, P., & Behyar, M. (2010). Development of Zanjan Province Dry Land Wheat Atlas by using Climatic Data and GIS. *Water and Soil*, 24(5), 894-907. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.5281> (In Persian)
- Khidir, S.M. (1986). *A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation*. [PhD Thesis.] State University Ghent, Belgium.
- Kumar, M., Narendra Kumar, Sh., & Shukla, S. (2022). SITE suitability analysis of tomato crop in Sonbhadra district using remote sensing and GIS technology. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 9(4).
- Mirmousavi, S. H., & Akbari, H. (2010). Climate feasibility of olive cultivation in Kermanshah Province. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 5(10), 121-142. (In Persian)
- Paroon, S., yavari, G., rezazadeh, M. (2020). Prediction of Climate Change Effects on Vegetable Production and Functioning in Hormozgan Province (Case study: onion and tomato). *Journal of Plant Production Research*, 26(4), 177-189. <https://doi.org/10.22069/jopp.2019.15888.2423> (In Persian)
- Razdan M.K. 2006. *Genetic improvement of solanaceous crops volume 2: tomato*. CRC Press.
- Rooyan Consulting Engineers. (2018). *Kermanshah Agricultural Pole Development Comprehensive Plan*.
- Seyed Jalali, S.A., Navidi, M.N., Zainadini Meymand, A., Mohammad Esmail, Z. (2019). *Field Crop Requirements*. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Soil and Water Research Institute
- Shahrokhnia, M. A., jowkar, L., & Rakhshandehru, M. (2017). Influence of water stress on tomato production using leaf temperature and soil moisture indicators under seedling cultivation. *Irrigation and Water Engineering*, 7(2), 97-111. (In Persian)
- Singh, P., Anurag, Singh, R., Niwas, R., Kumar, A. and Khichar, M.L., Climatic suitability analysis for tomato cultivation in Haryana (India), *Int. J. Pure App. Biosci.* 5(6): 1568-1573 (2017). doi: <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5262>
- Sys, C.; van Ranst, E.; Debaveye, J. *Land Evaluation, Part I, Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations*; International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists, University Ghent: Gent, Belgium, 1991.
- Sys, C.; van Ranst, E.; Debaveye, J. *Land Evaluation, Part III: Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation*; International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent: Gent, Belgium, 1993.
- Tavakkoli, J. (2013). Evaluating the Development Level of Agriculture in Kermanshah Province's Townships. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(4), 111-126. (In Persian)
- Zainadini Meymand, A., Eskandari, M., Navidi, M.N., Farajnia, A., Seyed Jalali, S.A. (2019). *Horticultural Crop Requirements*. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Soil and Water Research Institute.