دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 2, 2026, Pages 171-187

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Evaluation of Agro-Climatic Suitability of Jujube (*Ziziphus jujuba*) in Fars Province, Iran

Javad Taei Semiromi[1]*, Mahmood Izadi[2], Mohammad Forouzandeh[3]

Received: July 19, 2024	Accepted: January 23, 2025

1-Dept.of Agrotechnology, Technical and Vocational University of Tehran, Tehran, Iran.
2-Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Shiraz, Iran.
3-Dept of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Institute, Research Institute of Zabol; Zabol, Iran.
Corresponding Author E-mail: jtaei@tvu.ac.ir; javadtaei.tvu@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: The development of planting new species in a region requires the analysis of the limitations and capabilities of the lands using new methods and geostatistical techniques on a regional scale.

Materials and Methods: This research was carried out in order to evaluate the climatic capacity of the lands of Fars province for jujube cultivation in 2020-2023For this purpose, databases and information layers including meteorology, land use, digital elevation model (DEM 30 meters), soil, vegetation, etc. were created. In the second step, the agro-climatic indicators of the studied area were determined and standardized, and based on that, the jujube growth period pattern was determined in each region. In the third step, the phenological behavior of jujube species was determined and analyzed based on the existing models, and then in the fourth step, the climate-agricultural indicators determining the ecological tolerance ranges of jujube, including thermal indices, topography, thermal risks in the main period's phenology were modeled, evaluated and zoned using the method of AHP. The final map described and explained the agroclimatic suitability of jujube in Fars province, emphasizing the goal of producing suitable fruit.

Results: Based on these results, 21% of lands with very high suitability, 23% of lands with good to medium suitability, and 21% of lands with poor suitability and the rest of the lands, which include approximately 35% of the province, are not suitable for jujube cultivation in order to produce high quality fruit.

Conclusion: In general, it is predicted that, the cold to moderate climates of Fars province with appropriate soil depth, areas are very prone to produce high-quality jujube fruit. Subtropical climates and relatively warm areas of have moderate suitability. Tropical areas with a very hot climate and very cold areas with an altitude of more than 2200 meters and areas that had other edaphic limitations are not suitable for jujube production. Also, the model used in this research has provided a practical instruction for the development of jujube production.

Keywords: Climatic Indicators, Jujube, Land Suitability Assessment, Phenology

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Javad Taei Semiromi E-mail: jtaei@tvu.ac.ir

https://doi.org/ 10.22034/saps.2025.62557.3255

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، صفحات ۱۸۷-۱۷۱

دانش کشاورزی و تولید پایدار

ارزیابی تناسب اقلیمی–کشاورزی عناب (*Ziziphus jujuba*) در استان فارس

جواد طایی سمیرمی[1*]، محمود ایزدی [2]، محمد فروزنده[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۴

۱-استادیار گروه فناوری کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
۲- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۳- استادیار، عضو هیات علمی پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: توسعه کاشت گونه‌های جدید در یک منطقه مستلزم تحلیل محدودیت‌ها و قابلیت‌های اراضی با استفاده از روش‌های نوین و تکنیک‌های زمین‌آماری در مقیاس منطقه‌ای است. این تحقیق به منظور ارزیابی توان اقلیمی اراضی استان فارس جهت کشت عناب در سال ۱۴۰۰-۴۰۳ انجام شده است.

مواد و روش‌ها: ابتدا پایگاه داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی شامل هواشناسی، کاربری اراضی، مدل رقومی ارتفاع (دقت ۳۰ متر)، خاک، پوشش گیاهی استان فارس ایجاد شد و داده‌های گیاهی از مناطق اصلی تولید عناب در خراسان جنوبی و برخی مناطق فارس جمع آوری گردید. در گام دوم شاخص‌های اقلیمی کشاورزی منطقه مورد مطالعه تعیین و تفکیک شد و بر اساس آن الگوی دوره رشد عناب در هر منطقه تعیین گردید. در گام سوم رفتار فنولوژی گونه عناب بر اساس مدل‌های موجود تعیین و تحلیل شد و سپس در گام چهارم شاخص‌های اقلیمی–کشاورزی تعیین کننده دامنه‌های بردباری اکولوژیک عناب شامل شاخص حرارتی، توپوگرافی، ریسک‌های حرارتی با استفاده از روش مقایسات زوجی مدل‌سازی، ارزیابی و پهنه‌بندی گردید. نقشه نهایی میزان تناسب آگروکلیماتیک عناب در استان فارس را با تأکید بر هدف تولید میوه مناسب توصیف و تبیین نمود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ۲۱ درصد از اراضی دارای تناسب بسیار بالا، ۲۳ درصد اراضی دارای تناسب خوب تا متوسط و ۲۱ درصد اراضی از تناسب ضعیف و بقیه اراضی که تقریباً ۳۵ درصد سطح استان را شامل می‌شود برای کشت عناب به منظور تولید میوه با کیفیت بالا نامناسب می‌باشد.

نتیجه‌گیری: طور کلی بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش اقلیم‌های سرد تا معتدل استان فارس با عمق مناسب خاک، مناطق بسیار مستعدی برای تولید میوه عناب با کیفیت بالا ومناطق اقلیمی نسبتاً گرم و نیمه گرمسیری استان از تناسب متوسط برخوردار هستند. مناطقی گرمسیر با اقلیم بسیار گرم و مناطق بسیار سرد با ارتفاع بیش از ۲۲۰۰ متر و مناطقی که دارای سایر محدودیت‌های ادافیکی بودند برای تولید عناب مناسب نمی‌باشند. همچنین الگوی مورد استفاده در این پژوهش، یک دستورالعمل مناسب و کاربردی جهت توسعه کشت عناب ارایه نموده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، شاخص‌های اقلیمی، فنولوژی، عناب

مقدمه

افزایش روزافزون تقاضا برای تأمین نیازهای غذایی انسان و رشد جمعیت از یک طرف و محدودیت منابع و اراضی قابل کشت از طرف دیگر، توجه متخصصان را به پژوهش‌های مرتبط با برنامه‌ریزی استفاده از اراضی و تغییر الگوهای کشت معطوف نموده است (گیوی ۲۰۱۴). اولین گام در تعریف یک الگوی کشت در مقیاس منطقه‌ای، امکان‌سنجی آگروکلیماتیک یا اقلیمی کشاورزی می‌باشد (وان وارت و همکاران ۲۰۱۳ و نباتی و همکاران ۲۰۲۰). پهنه بندی اقلیمی کشاورزی روشی است که برای طبقه بندی اراضی یک منطقه بر اساس شرایط اقلیمی، نوع خاک و عوامل توپوگرافی به منظور بهینه سازی تولید محصول استفاده می‌شود. پهنه‌بندی شاخص‌های اقلیمی کشاورزی، توان اکولوژیک مناطق مختلف را برای گیاهان مختلف ارزیابی نموده و محدودیت‌ها ی مختلف اراضی را مشخص می‌کند(آرایا و همکاران ۲۰۱۰). پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری، به‌ویژه در دانش سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی(GIS)، تجزیه و تحلیل داده ها،، نقشه برداری و امکان ارزیابی دقیق از مناطق اقلیمی کشاورزی را فراهم می کند (فاراسلیس و همکاران ۲۰۲۳). در مطالعات اقلیمی کشاورزی، بسته به نوع گیاه، شرایط اقلیمی و نوع تیپ بهره‌وری از اراضی از روش‌ها و دستورالعمل‌های متفاوتی استفاده شده است: محمدی و همکاران (۲۰۰۷) ارزیابی شرایط اقلیمی استان اصفهان را برای زیتون بر اساس میانگین بلندمدت شاخص‌های اقلیمی محاسبه نموده و ارزش هر لایه را بر مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین نمودند. امیری زاده و همکاران (۲۰۱۴) پهنه‌بندی اقلیمی کشاورزی انگور یاقوتی در استان کرمان را بر اساس احتمال ریسک وقوع تنش‌های حرارتی در واحدهای اقلیمی تفکیک شده انجام دادند. در تحقیقی دیگر شرایط اقلیمی استان خراسان جنوبی برای کشت عناب، بر اساس آماره‌های میانگین بلند مدت شاخص‌های اقلیمی و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار گرفت (اشرفی و همکاران ۲۰۱۳). طایی و همکاران (۲۰۱۷) سازگاری اقلیمی الگوهای کاشت زمستانه سیب‌زمینی در استان کرمان را بر اساس احتمال وقوع تنش‌های سرما، یخ‌زدگی و تنش گرما ارزیابی نمودند، این محققین برای تعیین ارزش ضرایب شاخص‌های مختلف اقلیمی و توپوگرافی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. امیری و همکاران (۲۰۱۹) برای تعیین مناطق مستعد برای توسعه رویشگاه‌های درخت انار شیطان (*Tecumella unduluta*) در جنوب کشور از آماره میانگین بلندمدت داده‌ها برای محاسبه شاخص‌ها استفاده نموده و تعیین ضرایب و ارزش شاخص‌ها بر اساس روش شبکه عصبی محاسبه و تعیین گردید. در بیشتر پژوهش‌هایی که به منظور ارزیابی توان اقلیمی کشاورزی انجام شده، نیازهای اقلیمی گیاه بدون در نظر گرفتن فنولوژی گیاه مورد تحلیل قرار گرفته و اغلب، مبنای ارزیابی شاخص‌های اقلیمی بر اساس آماره‌ی میانگین بلند مدت یک شاخص و بدون در نظر گرفتن ریسک یا احتمالات وقوع آن بوده است (آندرگ و همکاران ۲۰۲۲). این دو چالش نامبرده خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که شرایط آب و هوایی با ناپایداری‌های بالایی مواجه است، باعث ایجاد خطا در برآوردهای کلی برای ارزیابی تناسب اقلیمی یک منطقه می‌گردد (کومار ۲۰۲۱و پیدگون و بوتلر ۲۰۱۳). بنابراین لحاظ کردن شاخص آماری ریسک یا احتمال وقوع یک شاخص به‌جای میانگین بلندمدت آن وبررسی تغییرات آن شاخص برمبنای مراحل فنولوژیک گیاه در مطالعات امکان‌سنجی اقلیمی بسیارضروری می‌باشد.

گیاه عناب (*Ziziphus jujuba*) با نام انگلیسی *Jujube*متعلق به خانواده *Rhamnaceae* می‌باشد که از جنبه‌های اکولوژیک، صنعتی، اقتصادی، غذایی، دارویی، بهداشتی، تولید چوب و حفاظت از خاک بسیار با ارزش است (چن و همکاران ۲۰۱۷ و لیو و همکاران ۲۰۲۰). محصول این‌گونه درختی به دلیل ارزش غذایی بالا، قابلیت نگهداری زیاد، قابلیت فراوری و تولید محصولات ثانویه متعدد ارزش دارویی آن در طب سنتی و طب جدید، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (بات و همکاران، ۲۰۲۱). میوه تازه و رسیده عناب از دیدگاه ارزش غذایی حاوی کاروتنوئیدها، فلوریدها، پکتین، اسید سیتریک، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسید اسکوربیک، اسید

مالئیک، اسید اگزالیک و کورستین است (پراکاش و همکاران ۲۰۲۰). مطالعات نشان داد که دانه‌ها، میوه‌ها، پوست، برگ‌ها و گل‌های درخت عناب نیز دارای خواص دارویی مهمی هستند. نتایج تجزیه فیتوشیمیایی، وجود آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، ساپونین ها، ترپنوئیدها، تانن ها، اسیدهای چرب و فیتواسترول ها را نشان داده است (بات و همکاران ۲۰۲۱).از دیدگاه طب جدید، میوه های عناب برای بهبود هضم و تصفیه خون مصرف می شوند (گویال و همکاران ۲۰۱۲) و دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد اسهال، ضد هیپرگلیسمی، ضد میکروبی، ضد استروئیدی، بهبود زخم، تعدیل کننده ایمنی، ضد التهابی و محافظ کبد است (رامار و همکاران ۲۰۲۲).

علاوه بر این گیاه عناب به دلیل دامنه بالای بردباری اکولوژیک، شرایط نامساعد محیطی و محدودیت‌های اراضی حاشیه‌ای کم حاصلخیز را به‌خوبی تحمل می‌کند (یانگ و همکاران ۲۰۱۶ و ژانگ و همکاران ۲۰۲۰). نیاز آبی عناب تقریباً نصف میانگین نیاز آبی در گونه‌هایی نظیر گردو مرکبات و درختان هسته‌دار بوده و در شرایط تنش خشکی از قابلیت تحمل و بقای بالایی برخور است (سان و همکاران ۲۰۱۲ و راد و همکاران ۲۰۲۰). با توجه به مزیت‌های زراعی، اقتصادی، اکولوژیک و صنعتی گونه درختی عناب می‌توان از این‌گونه گیاهی به‌عنوان یکی از گزینه‌های مهم برای بهبود الگوی کاشت در اراضی کم حاصلخیز استفاده کرد (سینگ و مقاوال ۲۰۲۰).

در این پژوهش سعی شده تا با توجه به ضرورت امکان سنجی توسعه کشت عناب در مناطق جدید کشور و اهمیت بهبود کمی و کیفی محصول آن، شرایط اقلیمی استان فارس بر اساس روشی مبتنی بر فنولوژی عناب و شاخص ریسک تنش‌های حرارتی ارزیابی گردد.

مواد و روش

مشخصات حوزه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه استان فارس می‌باشد که بر اساس شاخص‌های یونسکو (سازمان و آموزش سازمان ملل متحد ۱۹۷۹)، دارای ۸ اقلیم متفاوت است: اقلیم فراخشک با زمستان ملایم و تابستان بسیار گرم (لامرد)، اقلیم فراخشک با زمستان خنک و تابستان بسیار گرم (لار و حاجی آباد)، اقلیم خشک، تابستان گرم و زمستان بسیار سرد (آباده و ایزد خواست)، اقلیم خشک، تابستان گرم، زمستان خنک (فسا، نیریز و شیراز)، اقلیم خشک، تابستان گرم، زمستان سرد (زرقان)، اقلیم نیمه‌خشک، تابستان گرم، زمستان سرد (درودزن)، اقلیم نیمه‌خشک، تابستان گرم و زمستان بسیار سرد (اقلید)، اقلیم نیمه‌خشک، تابستان بسیار گرم و زمستان خنک (داراب) (طایی و همکاران ۲۰۲۴).

پایگاه داده‌ها

برای ایجاد پایگاه داده‌های هواشناسی از تمام ایستگاه‌های همدیدی و اقلیم‌شناسی پوشش‌دهنده منطقه مورد مطالعه استفاده گردید (جدول ۱). داده‌های اقلیمی شامل آمار روزانه‌ی پارامترهای میانگین دمای بیشینه و کمینه، سرعت باد، بارش، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی برای یک دوره مشترک ۲۵ ساله (۲۰۲۱-۱۹۹۶) می‌باشد. داده‌های گیاهی از مناطق اصلی تولید عناب در خراسان جنوبی و همچنین در برخی مناطق فارس جمع‌آوری گردید. داده‌های گیاهی در این پژوهش شامل کلیه داده‌های حاصل از آزمایش‌های ثبت شده در مورد گیاه عناب در داخل کشور می‌باشد. این داده‌ها شامل فنولوژی گیاهی، عملکرد در مناطق مختلف، آستانه‌های وقوع تنش‌های حرارتی سرما و گرما، آستانه‌های تنش‌های شوری و خشکی است.

در این پژوهش ارزیابی تناسب اقلیمی-کشاورزی برای گونه عناب (*Ziziphus jujube*) در چهار مرحله‌ی مطالعات میدانی اولیه، جمع‌آوری داده‌ها، محاسبه شاخص‌های تناسب اقلیمی بر اساس مراحل فنولوژیک و نیازهای اکولوژیک عناب، تحلیل فنولوژی عناب در شرایط اقلیمی مختلف استان فارس و پهنه‌بندی یا تعیین توزیع جغرافیایی شاخص‌های محاسبه شده و همپوشانی آن‌ها بر اساس روش مقایسات زوجی انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و همدیدی منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (m)
برازجان	51.17	29.25	89.9
لامرد	53.19	27.37	411
دو گنبدان	50.82	30.35	726
لار	54.37	27.67	792
حاجی آباد	55.91	28.31	931.2
فسا	53.72	28.9	1268
شیراز	52.6	29.56	1488
ابرکوه	53.23	31.12	1523.8
زرقان	52.7	29.78	1596
نیریز	54.35	29.19	1632
درود زن	52.42	30.21	1642
یاسوج	51.56	30.7	1816.3
آباده	52.62	31.2	2030
ایزدخواست	52.13	31.53	2188
اقلید	52.63	30.9	2300

تحلیل فنولوژی عناب در استان فارس

شروع دوره رشد جوانه‌های عناب[1] (مراحل ۷ تا ۱۰، مقیاسBBCH) (اسپاکوتا و همکاران ۲۰۲)، بر مبنای حداقل نیاز حرارت، گلدهی بر اساس حداقل نیاز حرارتی مورد نیاز (۵۰۰-۵۳۰ درجه روز رشد) به‌عنوان شرط لازم و تأمین نیاز سرمایی مورد نیاز به عنوان شرط لازم اتفاق می‌افتد، ضمناً اگر در زمان گلدهی دمای حداقل روزانه به ۲- درجه سانتگراد برسد گل‌ها از بین می‌روند (وانگ و همکاران ۲۰۲۲). برای شروع گلدهی میزان درجه روز-رشد برای شروع گلدهی باید تأمین شده باشد. دوره رسیدگی بر اساس آستانه تعداد روز بعد از شروع دوره رشد (۱۴۰ روز)، برآورد گردید. تعداد ساعات تجمعی شاخص نیاز سرمایی عناب بر اساس UTAH مدل (ریچاردسون و همکاران ۱۹۷۴ و لینویل ۱۹۹۰)) محاسبه شد. بر اساس پژوهش‌های انجام شده نیاز سرمایی عناب حداقل ۲۴۰ ساعت است (دنگ و همکاران ۲۰۱۸). محاسبه نیاز حرارتی تجمعی (AHU) بر اساس رابطه تیدسلی انجام شد (تیلدسلی ۱۹۷۸).

تعیین شاخص تنش‌های حرارتی

تنش سرما: به منظور تخمین خطر یا ریسک تنش سرما (دمای کمتر از ۵ درجه) و یخزدگی (دمای کمتر از ۲- درجه)، ابتدا دوره احتمال وقوع تنش براساس فنولوژی گیاه عناب در هر یک از هشت اقلیم تفکیک شده تعیین شد، این دوره از زمان شروع رشد عناب تا شروع دوره رکود در نظر گرفته شد، بر اساس گزارش‌های علمی عناب در دوره رکود می‌تواند تا دامنه دمایی ۳۸- را نیز تحمل کند (لیو و همکاران ۲۰۲۰). لذا این دوره از محاسبات ریسک تنش سرما حذف شد. خطر وقوع تنش گرما برای آستانه دمای ۳۵ درجه سانتیگراد، به طور مشابهی محاسبه شد، این آستانه بر اساس حفظ کیفیت و عملکرد عناب تعیین شد (لی و همکاران ۲۰۲۰). برای سنجش شدت تنش گرما از شاخص‌های میانگین دمای حداکثر روزانه در دوره گلدهی تا رسیدگی و شاخص پایداری تنش گرما از رابطه۱ استفاده شد (طایی, ۱۴۰۳).

[1] Budbursting

HSC Index= [Number of days with $Prob_{50}$ (daily Tmax >35°C)/total period (day)]*10 [رابطه ۱]

در این معادله HSC Index: شاخص پایداری تنش گرما، Number of days with Prob50 (daily Tmax >35°C): تعداد روزهایی که احتمال وقوع میانگین دمای حداکثر روزانه بالاتر از آستانه خسارت به گلدهی بیش از ۵۰ درصد باشد. total period (day): تعداد کل روزهای دوره مورد محاسبه. درصورتی که دامنه شاخص پایداری تنش گرما (HSC Index) در مقادیر ۴ و کم‌تر به مفهوم عدم تنش گرما، ۴تا ۶ معادل تنش ملایم، ۷ تنش گرمای متوسط، ۸تنش نسبتا شدید و بیش‌تر از بیش‌تر معادل تنش بسیار شدید.

تحلیل مکانی و زمین آماری شاخص‌های اقلیمی-کشاورزی: به منظور تحلیل مکانی شاخص‌های اقلیمی ابتدا بر اساس همبستگی بین ارتفاع هر ایستگاه و شاخص مورد نظر، مدل رگرسیون مناسب برازش داده شد. در مرحله بعد بر اساس ضرایب رگرسیونی مدل برازش داده شده و مدل رقومی ارتفاع (اندازه پیکسل ۳۰ متر) در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.8 نقشه توزیع مکانی شاخص مورد نظر ایجاد گردید. دمای میانگین روزانه در دوره رشد عناب، برای هر یک از ایستگاه‌ها بر مبنای شروع دوره رشد تا شروع رکود عناب محاسبه و نقشه‌ی تحلیل توزیع مکانی میانگین دما بر اساس مدل رگررسیونی خطی برازش داده شده با ارتفاع ($P\leq0.001$ و ضریب تباین ۰/۹۵) و با استفاده از مدل رقومی ارتفاع ایجاد گردید. به منظور بررسی ریسک تنش سرما احتمال وقوع دمای کمتر از ۷ درجه سانتیگراد ازشروع دوره رشد اولیه تا رسیدگی میوه محاسبه و تحلیل گردید. توزیع مکانی احتمال یا ریسک وقوع تنش سرما برای گیاه عناب بر اساس رابطه خطی معنی‌دار ($P\leq0.001$) بین احتمال خطر تنش سرما در ایستگاه با ارتفاع (ضریب تبیین ۰/۹۱) محاسبه شد. برای پهنه بندی شاخص پایداری تنش گرما در دوره گلدهی و رسیدگی، ابتدا مدل-های رگررسیونی مناسب برای داده‌های شاخص پایداری تنش گرما با ارتفاع برازش داده شد و درنهایت مدل کوبیک به‌عنوان دقیق‌ترین مدل برازش داده شده، ($P\leq0.001$ و ضریب تبیین ۰/۹۵۶) تعیین شد. نقشه های توزیع مکانی این شاخص بر اساس مدل رگرسیونی برازش داده شده با مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.8 ایجاد گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Microsoft office-Excel و نرم افزار SPSS ver.17 انجام شد.

برای تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای مؤثر در وزن‌دهی لایه‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (روش مقایسات زوجی) استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ساعتی به سال ۱۹۸۳ معرفی شد. در این روش براساس هدف تعدادی معیار شناسایی می‌شود و از این معیارها برای ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه استفاده می‌شود. سازوکار تعیین وزن و اولویت‌دهی عناصر در این روش مبتنی بر مقایسه زوجی است. عناصر هر یک از خوشه‌ها با مقیاس نه درجه‌ای ساعتی با یکدیگر مقایسه می‌شوند (جدول۲) و در صورت سازگاری مقایسه‌ها جهت وزن‌دهی استفاده می‌شوند. بردار ویژه اوزان عناصر با روش میانگین هندسی و نرمال‌سازی خطی حساب می‌شود. در این روش ابتدا براساس هدف، تعدادی معیار انتخاب می‌شود اگر معیارها خیلی کلی و گسترده باشند می‌توانند به زیرمعیارهایی نیز تجزیه شوند. معیارهای اصلی براساس هدف مقایسه‌ی زوجی شده و وزن آن‌هاآن‌هاتعیین می‌شود. زیرمعیارها نیز در خوشه خود مورد مقایسه‌ی زوجی قرار گرفته و تعیین وزن می‌شوند. گزینه‌های موجود براساس هر یک از معیارها (زیرمعیارها) مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در نهایت وزن موزون هر گزینه محاسبه شده و بهترین گزینه انتخاب می‌شود. بهترین گزینه آن است که از بیشترین وزن برخوردار باشد. در این پژوهش هر سه مرحله ایجاد ماتریس مقایسات زوجی، محاسبه وزن عوامل و تخمین نسبت سازگاری با استفاده از اکستنشنAHP به‌صورت افزونه جدید در نرم افزار ArcGIS10x

محاسبه گردید. گروه‌های تصمیم‌ساز در این تحقیق شامل کارشناسان مجرب سازمان جهاد کشاورزی فارس، محققان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، اساتید دانشگاه و داده‌های بود که در دو سال متوالی از مناطق اصلی تولید عناب در استان خراسان جنوبی برداشت شده بود.

جدول ۲- طیف نه درجه‌ای ساعتی (۱۹۷۷)

ارزش	وضعیت مقایسه معیار i نسبت معیار j	توضیح
۱	ترجیح یکسان	معیار i و j اهمیت برابر دارند.
۳	کمی مرجح	معیار i ازj کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	معیار i ازj مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	معیار i ازj خیلی مهم‌تر است.
۹	کاملاً مرجح	معیار i ازj کاملاً مهم‌تر است.
۸-۶-۴-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد

نتایج و بحث

فنولوژی عناب: بر اساس دستورالعمل این پژوهش برای تناسب اقلیمی عناب ابتدا دوره‌های فنولوژیک رشد عناب طبق مقیاس BBCH، شامل شروع رشد جوانه‌ها، شروع گلدهی، رسیدگی و برداشت، و زمان رکود یا خواب عناب تعیین گردید (جدول۳) و شاخص‌ها بر اساس هریک از مراحل فنولوژیک جداگانه محاسبه گردید.

جدول ۳- تخمین مراحل اصلی فنولوژیک عناب در استان فارس

نام ایستگاه	شروع دوره رشد (*روز ژولیوسی)	گلدهی عناب (*روز ژولیوسی)	رسیدگی میوه عناب (*روز ژولیوسی)
درودزن	۱۰۰	۱۴۲	۲۴۰
داراب	۸۰	۱۱۹	۲۲۰
اقلید	۱۵۲	۱۷۶	۲۸۰
فسا	۹۵	۱۲۹	۲۳۰
ایزدخواست	۱۳۰	۱۶۲	۲۶۰
لار	۷۵	۱۰۶	۲۱۰
نیریز	۸۰	۱۳۰	۲۳۰
شیراز	۱۰۰	۱۳۸	۲۴۰
زرقان	۱۱۰	۱۵۵	۲۶۰
آباده	۱۴۰	۱۶۵	۲۷۰
یاسوج	۱۳۵	۱۶۶	۲۷۰
ابرکوه	۱۰۰	۱۳۶	۲۴۰
حاجی آباد	۷۰	۱۱۵	۲۲۰

(Julian days) شمارش روز از اول ژانویه است.

بیشتر گزارش های مجود در مورد پیش‌بینی و تحلیل فنولوژی گونه های درختی بر پایه مدل هایی[1] است که مبنای آنها تجمع واحدهای حرارتی از یک زمان خاص تا مرحله فنولژیک مورد نظر به همراه تامین

[1] Forcing type and forcing-chill models

حداقل نیاز سرمایی آن می‌باشد (یانگ و همکاران ۲۰۲۰). در برخی گزارش زمان گلدهی یا رسیدگی بر مبنای تعداد روز از زمان شروع دوره رشد یا ابتدای جست رویشی در بهار محاسبه شده است، تعیین شروع دوره رشد یک گیاه علاوه بر وقوع دمای آستانه ممکن است تابع عوامل دیگری از جمله تامین نیاز سرمایی و تامین نیاز حرارتی (، طول روز، و وقوع دمای پایه نیز باشد. اینکه کدام عامل غالب باشد یا کدام عامل ضروری باشد به نوع گونه و جنس گیاهی مرتبط است (تای چنگ ۲۰۲۰، لیو و وانگ ۲۰۱۹، میشرا و کاسکا ۲۰۰۹). در مورد گیاه عناب گزارش های موجود دقیقی که به صورت مقایسه‌ای همه عوامل فوق را در شرایط کاملاً کنترل شده انجام شده باشد مشاهده نشد. با این حال در گزارشات مختلف استفاده از آستانه های مختلف دمایی و بدون ارزیابی دامنه آستانه‌ها برای محاسبه نیاز حرارتی ذکر شده است. در تحقیقی که توسط چوبینه (۲۰۰۰) گزارش شده است مشخص گردیده که در صورتی که نیاز سرمایی عناب در محدوده ی بیش از ۲۴۰ درجه روز-رشد تأمین می گردد می تواند باعث تسریع در شروع دوره رشد عناب گردد. گزارش مذکور با مشاهدات محققین این تحقیق که در استان فارس انجام شده و یا مشاهدات در مناطق جنوب استان خراسان جنوبی و سیستان موجود است تطابق ندارد.

دمای میانگین روزانه:. نتایج کلاس‌های پهنه‌بندی شده برای این شاخص نشان داد(شکل ۱): در کمتر از ۶/۹ درصد از اراضی دمای میانگین دوره رشد برای عناب کم‌تر از ۱۲درجه سانتی‌گراد (مناطق بسیار سرد با ارتفاع بیش از ۲۵۰۰متر)، ۱۱/۸ درصد در دامنه ۱۴-۱۲ درجه (مناطق سرد با ارتفاع ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متر) ، ۱۳/۳ درصد، در دامنه ۱۶-۱۴ درجه (مناطق نسبتا سرد)، ۱۴/۱درصد در دامنه ۱۸-۱۶ درجه (مناطق معتدل مرکزی و غربی)، ۱۳ درصد در دامنه ۲۰-۱۸ درجه (مناطق معتدل مرکزی و شرقی)، ۱۲/۴ درصد در دامنه ۲۲-۲۰ درجه (مناطق نسبتاً گرم)، ۱۴/۴ درصد در دامنه ۲۴-۲۲ درجه (مناطق گرم جنوبی) و ۱۴/۱ درصد اراضی بیشتر از ۲۴ درجه (مناطق بسیار گرم جنوبی استان) را پوشش می‌دهد.

بررسی گزارش‌های موجود (استولی و استانیکا ۲۰۲۱) در مورد دمای میانگین روزانه مطلوب برای دوره رشد عناب (بدون در نظر گرفتن دوره رکود یا خواب) نشان می‌دهد دامنه بردباری اکولوژیک عناب برای این شاخص بین ۲۲-۵ درجه سانتی‌گراد است (کرافورد ۲۰۱۱). بررسی برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد در صورتی که میانگین دمای روزانه در طول دوره رشد از ۲۰ درجه سانتی‌گراد فراتر رود گیاه عناب تحت شرایط تنش گرمایی قرار گرفته است (یانگ و همکاران ۲۰۲۱ و جین و همکاران ۲۰۲۴)، هم‌چنین در صورتی که دمای میانگین روزانه ی دوره رشد از ۱۰ تا۱۲ درجه سانتی‌گراد کم‌تر باشد گیاه عناب با تنش سرما و رکود مواجه خواهد شد و در این شرایط دوره رشد کافی برای استقرار نهال و تولید محصول مناسب وجود نخواهد داشت (ژو و همکاران ۲۰۲۰).

بر اساس نتایج (جدول۳) ایستگاه های آباده، اقلید، ایزدخواست و درودزن واقع در مناطق مرتفع شمالی و غربی استان فارس، دیرترین زمان گلدهی (اواخر بهار) را دارند و ایستگاه های لامرد، لار، جهرم و داراب واقع در مناطق گرم و نیمه‌گرمسیری جنوبی نیز زودترین زمان گلدهی (اواخر زمستان) را نشان می دهند در حالی که در مناطق معتدل و دشت‌های مرکزی و شرقی استان در ماه های اواسط بهار گلدهی عناب را خواهند داشت. بر اساس این نتایج میانگین شاخص دمای حداکثر روزانه دوره گلدهی (شکل۲) در کمتر از ۵/۳ درصد از اراضی کمتر از ۲۴ درجه، در۹/۱ درصد اراضی در دامنه ۲۴-۲۶ درجه، در ۱۱/۸ اراضی در دامنه ۲۸-۲۶ درجه، در ۱۰/۴درصد اراضی در دامنه ۳۰-۲۸ درجه، در ۱۵/۸ درصد اراضی ۳۲-۳۰ ، در ۷/۸ درصد اراضی در دامنه ۳۴-۳۲ درجه، در ۱۰/۹ درصد اراضی در دامنه ۳۶-۳۴ درجه، در ۱۲/۳ درصد در دامنه ۳۸-۳۶ درجه ودر ۱۶/۵ اراضی از ۳۸ درجه بیش‌تر است. توزیع شاخص میانگبن دمای حداکثر روزانه در دوره گلدهی تا رسیدگی عناب برای مناطق مرتفع و سرد استان در دامنه کمتر از ۳۰درجه سانتیگراد و در مناطق معتدل و نیمه گرمسیر در دامنه ۳۰ تا ۳۴ درجه و در مناطق گرمسیر بیش از ۳۴ درجه سانتیگراد پیش‌بینی گردید

(شکل۲). بررسی گزارش‌های موجود در مورد عناب نشان می‌دهد. حد بالایی دامنه بردباری اکولوژیک عناب برای این شاخص ۴۵-۵۰درجه سانتی‌گراد است (چن و همکاران ۲۰۲۰). در صورتی که عملکرد کمی و کیفی مطلوب در نظر باشد آستانه بیش از ۳۸ درجه باعث ایجاد خسارت اقتصادی می گردد (کرافورد و همکاران ۲۰۱۳ و یانگ و همکاران ۲۰۲۱). بر اساس نتایج این پژوهش بیش از ۳۱/۱ درصد اراضی سطح استان فارس در معرض تنش گرما در مرحله رسیدگی میوه عناب قرار می‌گیرند. تنش گرما در این دوره باعث کوچک شدن میوه، عدم رنگ‌پذیری مناسب، چروکیده شدن میوه و کاهش بازار پسندی آن می‌گردد. بنابراین در این پژوهش آستانه ۳۸ درجه سانتیگراد به عنوان دامنه محدودکننده و تنش‌زا برای حصول کیفیت مطلوب محصول در نظر گرفته شد. در پژوهش‌هایی که کاشت عناب برای اهداف زیست محیطی و فضای سبز در نظر گرفته می‌شود می‌توان دامنه ۴۵-۴۸ را با اطمینان استفاده کرد.

شاخص تداوم تنش گرما (HSC Index)

با توجه به تأثیر پایداری تنش گرما بر دوام گلدهی، گرده افشانی، عملکرد و کیفیت میوه، این شاخص برای دوره گلدهی و رسیدگی محاسبه شد. نتایج کلاس‌های طبقه‌بندی شده برای شاخص تداوم تنش گرما (HSC Index) در دوره گلدهی تا رسیدگی عناب نشان داد (شکل ۳) در کم‌تر از ۳۱/۷ درصد اراضی کم‌تر از یک (بدون واحد)، در ۴ درصد اراضی در دامنه ۲-۱، در ۴/۹ درصد اراضی در دامنه ۳-۲، در ۷/۵ درصد اراضی در دامنه ۴-۳، در ۷درصد اراضی در دامنه ۵-۴، در ۷/۳ درصد اراضی در دامنه ۶-۵، در ۵/۷ درصد اراضی در دامنه ۷-۶، در ۹ درصد اراضی در دامنه ۸-۷ و در ۲۵/۵ درصد اراضی از ۸ بیش‌تر است. بر اساس این شاخص شدت پایداری تنش گرما در یک منطقه به صورت کمی ارزیابی می گردد. در این شاخص تأثیر ریسک وقوع تنش به همراه مدت زمان تداوم دمای بالاتر از حد آستانه دمایی مورد نظر لحاظ شده است. بررسی نقشه ارایه شده در شکل ۳ نشان داد تداوم تنش گرما در مناطق نیمه گرمسیر و گرمسیر واقع در جنوب و غرب استان فارس و حتی قسمتی از دشت های مرکزی استان از حد ۵ فراتر رفته است. بر اساس این نتایج پیش‌بینی می‌گردد تدوام گرما در این مناطق می تواند باعث کاهش مقدار عملکرد و کیفیت میوه عناب گردد. در سایر مناطق خصوصا مناطق معتدل و سردسیر شمال استان شدت این محدودیت کاهش می یابد.

شاخص تنش سرما

طبقه‌بندی کلاس‌های پراکنش مکانی ریسک تنش سرما[1] برای گلدهی تا رسیدگی عناب نشان داد (شکل ۶) در ۷/۱۴ درصد اراضی مقدار این شاخص ریسک کم‌تر از ۵درصد، در ۲۱/۲۷ درصد اراضی در دامنه ۹-۵ درصد، در ۱۳/۷۴ درصد اراضی در دامنه ریسک ۱۲-۹ درصد، در ۱۴/۱۱ درصد اراضی در دامنه ۱۲-۱۵ درصد ریسک، در ۱۰/۶۸ درصد اراضی در دامنه ۱۸-۱۵ درصد، در ۱۷/۱۲ درصد اراضی در دامنه ۲۱-۱۸ درصد، در ۱۴/۶ درصد اراضی در دامنه ۲۵-۲۱ درصد و در ۲درصد مابقی اراضی مقدار ریسک تنش سرما در دامنه ۳۵-۲۵ درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از دستورالعمل مورد استفاده در این پژوهش (ارزیابی سازگاری بر اساس تفکیک فنولوژیک مراحل رشد برای هر اقلیم) نشان داد ریسک تنش سرما در کلیه مناطق استان فارس برای مراحل گلدهی تا دانه بندی عناب کمتر از ۵۰ درصد (به عنوان ریسک خطر) می‌باشد حتی ریسک شاخص تنش سرما برای مقادیر بیش‌تر از ۳۵ درصد اراضی، از یک درصد اراضی نیز کم‌تر است. بررسی دلیل اکولوژیک این پدیده را می‌توان به‌ویژگی فنولوژیک خاص عناب نسبت داد. در گونه عناب (*Z. jujube*) زمان شروع دوره رشد با یک تأخیرقابل توجه نسبت به بسیاری از گونه‌های درختان معتدله و سردسیری دارد. نکته دوم شروع دوره گلدهی عناب است که تقریبا با فاصله یک ماه بعد از شروع دوره رشد است، این در حالی است که در گونه های

[1] chilling stress

درختی که گلدهی از سرمای بهاره خسارت می‌بیند شروع گلدهی بلافاصله و یا همزمان با شروع دوره رشد می‌باشد (مثل گونه ای بادام، هلو) نکته سوم که یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد عناب می‌باشد این است که دوره گلدهی در عناب نسبت به بسیاری از سایر گونه‌های درختان میوه طولانی‌تر می‌باشد. به طوری که قسمت آخر دوره گلدهی همزمان با دانه‌بندی گل‌های اولیه می‌باشد. طولانی بودن دوره گلدهی عناب باعث ایجاد یک انعطاف‌پذیری اکولوژیک در برابر تنش‌های محیطی از جمله سرما می‌گردد، به‌طوری که حتی در صورت مواجه با تنش سرما و ایجاد خسارت می‌تواند در ادامه فرآیند گلدهی مجدد، خسارت وارده را جبران نماید.

ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی عناب

تفکیک دامنه بردباری شاخص‌های اکولوژیک مورد استفاده برای ارزیابی تناسب اقلیمی عناب در جدول ٤ ارایه شده است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از مشاهدات مزرعه در منطقه خراسان جنوبی (به عنوان منطقه اصلی کاشت و تولید عناب با بیشترین سطح زیر کشت) و سایر مشاهدات ثبت شده در گزارشات موجود و نظرات کارشناسی، حد مطلوب و حد بردباری نیازهای آگرواکولوژیک عناب برای پارامترهای مختلف تعیین شد (جدول ۴).

جدول ۴- دامنه بردباری شاخص های مهم اقلیمی کشاورزی متناسب با سازگاری اقلیمی عناب

طبقه بندی بر حسب تناسب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نام لایه	نامناسب		ضعیف		متوسط			خوب	
میانگین دمای دوره رشد عناب (درجه سانتی‌گراد)	<۱۰	<۲۴	۲۴-۲۲	۱۲-۱۰	۱۴-۱۲	۲۲-۲۰	۱۶-۱۴	۱۸--۱۶	۲۰-۱۸
دمای حداکثر روزانه (دوره گلدهی)	<۳۸	۳۸-۳۶	۳۶-۳۴	۳۴-۳۲	۳۲-۳۰	۳۰-۲۸	۲۸-۲۶	۲۶-۲۴	<۲۴
ریسک تنش گرما (درصد)	<۳۵	۳۵-۲۵	۲۵-۲۱	۲۱-۱۸	۱۸-۱۵	۱۵-۱۲	۱۲-۹	۹-۵	<۵
شاخص پایداری ریسک تنش گرما (۱-۱۰)	<۸	۸-۷	۷-۶	۶-۵	۵-۴	۴-۳	۳-۲	۲-۱	<۱
ریسک تنش سرما (دوره رشد) (درصد) Chilling stress	<۳۵	۳۵-۲۵	۲۵-۲۱	۲۱-۱۸	۱۸-۱۵	۱۵-۱۲	۱۲-۹	۹-۵	<۵
ریسک سرمای بسیار شدید (دوره رشد تا رکود) Freezing Stress	<۳۵	۳۵-۲۵	۲۵-۲۱	۲۱-۱۸	۱۸-۱۵	۱۵-۱۲	۱۲-۹	۹-۵	<۵
شیب (درصد)	<۲۶	۲۶-۲۳	۲۳-۲۰	۲۰-۱۷	۱۷-۱۴	۱۴-۱۱	۱۱-۸	۸-۵	<۵
جهت شیب (اقلیم های سرد تا معتدله)	-	-	شمال-شمال شرقی	شرقی	غربی	جنوب شرقی	مسطح	جنوب	جنوب غربی
جهت شیب (اقلیم گرمسیری و نیمه گرمسیری)	-	-	جنوبی- غربی	جنوبی غربی	شرقی	جنوب شرقی	مسطح	شمال شرقی	شمالی

.

نتایج ارزیابی نهایی تناسب اقلیمی- کشاورزی اراضی استان فارس در نقشه ارایه شده در شکل ۷ نشان داده شده است، رتبه‌بندی و تفکیک مرزهای تناسب بر اساس مقادیر کمّی و عددی است که از همپوشانی لایه‌های مختلف مورد مطالعه با در نظر گرفتن ضرایب تاثیر و ارزش هر لایه (جدول۴) در تحلیل‌های مکانی محاسبه

شده است. بر اساس این نتایج مناطق بسیار مرتفع (ارتفاعات بیش از ۲۴۰۰ متر) و مناطق پست گرمسیری جنوبی و غربی استان مانند بخش هایی از مناطق لامرد، گراش، خنج، فراشبند، غرب کازرون و غرب ممسنی از پایین‌ترین درجه تناسب اقلیمی برای تولید عناب برخوردارند. مناطق مرتفع (ارتفاعات بین ۲۰۰۰ تا ۲۴۰۰ متر) واقع در ارتفاعات اقلید، سپیدان و خرم بید و همچنین مناطق نیمه گرمسیر مانند جهرم، جویم، قسمت هایی از داراب و قیر و کارزین تناسب نسبتا ضعیفی تا متوسط برای تولید عناب دارا می‌باشند. قسمت‌هایی از دشت های مناطق نیمه گرمسیر جنوبی و شرقی استان مانند جنوب زرین دشت، جنوب فسا، فورگ و غرب ممسنی همچنین بخش‌هایی از دامنه‌های مناطق مرتفع مرکزی از تناسب متوسط تا خوب برخوردارند. دشت هایی که در مناطق مرتفع شمالی و غربی و مرکزی معتدل مرکزی استان دارای تناسب خوب تا بسیار خوب برای تولید محصول با کیفیت عناب هستند، این قسمت اغلب در مناطق غرب آباده، دشت‌های اقلید، شمال غربی فسا، غرب استهبان، سروستان ، کوار، قسمت‌های شمالی فیروزآباد، شمال جهرم، مناطق مرودشت، ارسنجان، خرم بید، درود زن و شیراز است. جرییات دقیق میزان تناسب در نقشه ارابه شده در شکل ۷ به روشنی قابل تشخیص است. بسیاری از دشت‌هایی که بصورت نامناسب یا اراضی غیر قابل کشت در نقشه شکل ۷ مشخص شده‌اند با محدودیت هایی مانند خاک شور، شرایط غرقابی، عمق کم خاک، اراضی بایر و یا محدودیت‌های ناشی از کابری اراضی مواجه بودند. بررسی زمین‌آماری نقشه شکل ۷نشان داد: ۲۱ درصد از اراضی دارای تناسب بسیار بالا، ۲۳ درصد اراضی دارای تناسب خوب تا متوسط و ۲۱ درصد اراضی از تناسب ضعیف و بقیه اراضی که تقریبا ۳۵ درصد از سطح اراضی استان را شامل می‌شود، برای کشت عناب به منظور تولید میوه با کیفیت بالا نامناسب می باشد.

برای ارزیابی دقت همپوشانی، شاخص نرخ سازگاری بررسی شد، نتایج نشان داد مقدار ناسازگاری محاسباتی در این تحقیق از ۰/۰۳۵ کمتر است (جدول ۵). در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار، کم‌تر از ۰/۱ باشد، مقایسات از سازگاری قابل قبولی برخوردار است ودر غیر این‌صورت انجام تجدید نظر در مقایسات (وزن‌ها) لازم است.

جدول ۵- ضرایب حاصل از تحلیل سلسله مراتبی

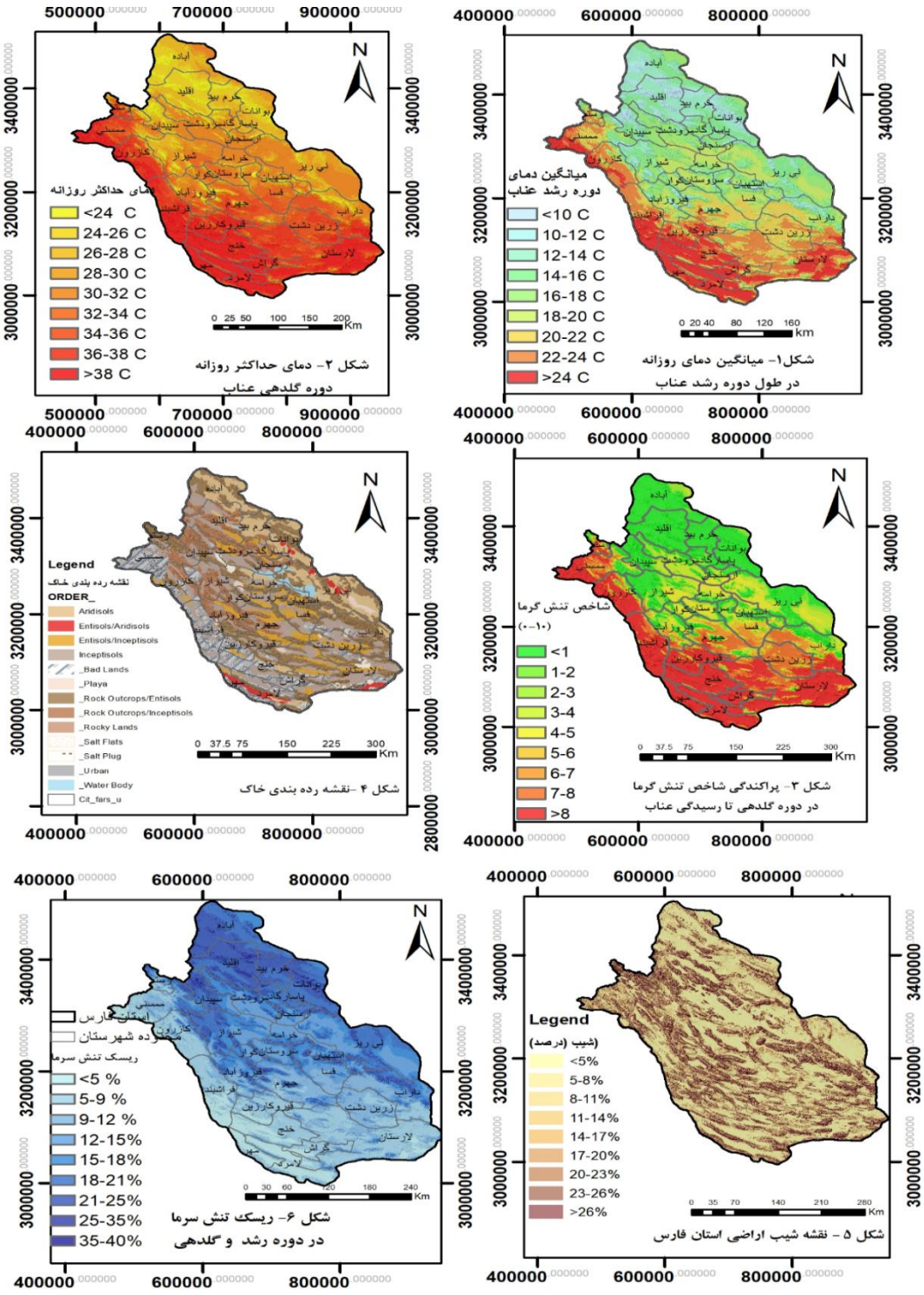
شاخص پایداری قوع تنش گرما (برای دوره گلدهی تا رسیدگی)	۰/۱۶۹
احتمال وقوع تنش سرما (شروع رشد تا اوایل تشکیل میوه)	۰/۰۴
دمای حداکثر گلدهی	۰/۱۳۴
میانگین دمای دوره رشد عناب	۰/۱۱۷
شیب	۰/۱۵۳
جهت شیب	۰/۰۳۳
لایه های ارتفاعی	۰/۰۹۶
خاک	۰/۱۷۶
کاربری اراضی	۰/۰۸۲
ضریب پایداری (ضریب دقت) CR یا consistency ratio	۰/۰۰۶

ضریب پایداری(CR) در صورتی قابل قبول است که از ۰/۱ کم‌تر باشد (ساتی و همکاران ۱۹۷۲)

تقسیم بندی محدودیت‌ها برای هر شاخص و تعیین ارزش هر شاخص بر مبنای نیارهای اکولوژیک عناب برای هدف تولید محصول مطلوب در نظر گرفته شده است. لذا در صورتی که هدف از کاشت عناب حفاظت خاک یا فضای سبز یا تولید چوب یا تولید محصول صرفاً جهت فراورده‌های ثانویه و دارویی باشد، نتایج کلاس

بندی یا پهنه بندی متفاوت خواهد بود و شدت محدودیت-های اقلیمی در نظر گرفته کاهش خواهد یافت. اشرفی و همکاران (۲۰۱۳) برای پهنه‌بندی نواحی مستعد عناب در استان خراسانی جنوبی با استفاده از GIS، برخی شاخص‌های اقلیمی را بررسی نمودند. شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل آستانه‌های میانگین دمای حداقل و حداکثر سالانه، حداقل و حداکثر مطلق سالانه، تعداد روزهای یخبندان و دما در دوره گلدهی بود. در تحقیق مذکور الگوی دوره رشد و مدل‌سازی فنولوژی صورت نگرفته و شاخص‌های دمایی صرفاً بر مبنای میانگین دراز مدت محاسبه شده‌اند، در گزارش‌های مشابه دیگر مانند گزارش‌های تناسب‌بندی اقلیمی انجام شده (کاظمی نجف‌آبادی ۲۰۰۴، صادقی (۲۰۱۱)، بیگلو و مبارکی (۲۰۰۸)، خالدی و همکاران (۲۰۰۸)، بای و همکاران (۲۰۲۰) و ژئو و همکاران (۲۰۲۱) نیز از شاخص‌های میانگین دما برای ارزیابی تنش‌های محیطی ستفاده شده است. در پژوهش حاضر علاوه بر استفاده از شاخص‌های آماری میانگین، از شاخص‌های ریسک و احتمال نیز برای ارزیابی تنش‌های حرارتی استفاده شده است، که این رویکرد برای تحلیل ریسک تنش‌های محیطی از دقت و ارزش بالاتری برخوردار می‌باشد خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک که نوسانات حرارتی بالا بوده و شاخص‌های میانگین نمی‌تواند قضاوت مناسبی برای ارزیابی تنش‌های حرارتی باشد.

استفاده از شاخص احتمال تجمعی برای ارزیابی تنش‌های محیطی به تفکیک فنولوژی گیاه، در سایر گزارشات مشابه نیزحاکی از دقت و کارایی بالای این دستورالعمل است، به عنوان مثال گزارش‌های ارزیابی ریسک تنش‌های حرارتی در کشت زمستانه سیب‌زمینی (طایی و همکاران، ۲۰۱۷) و تحلیل دوره رشد انگور یاقوتی (طایی و همکاران ۲۰۲۴) و گونه گیاهی ماکادامیا (شهیکی و همکاران، ۲۰۱۷) در استان کرمان نمونه هایی از پژوهش‌های مشابه است.



شکل ۱- پهنه‌بندی میانگین دمای روزانه در طول دوره رشد عناب،

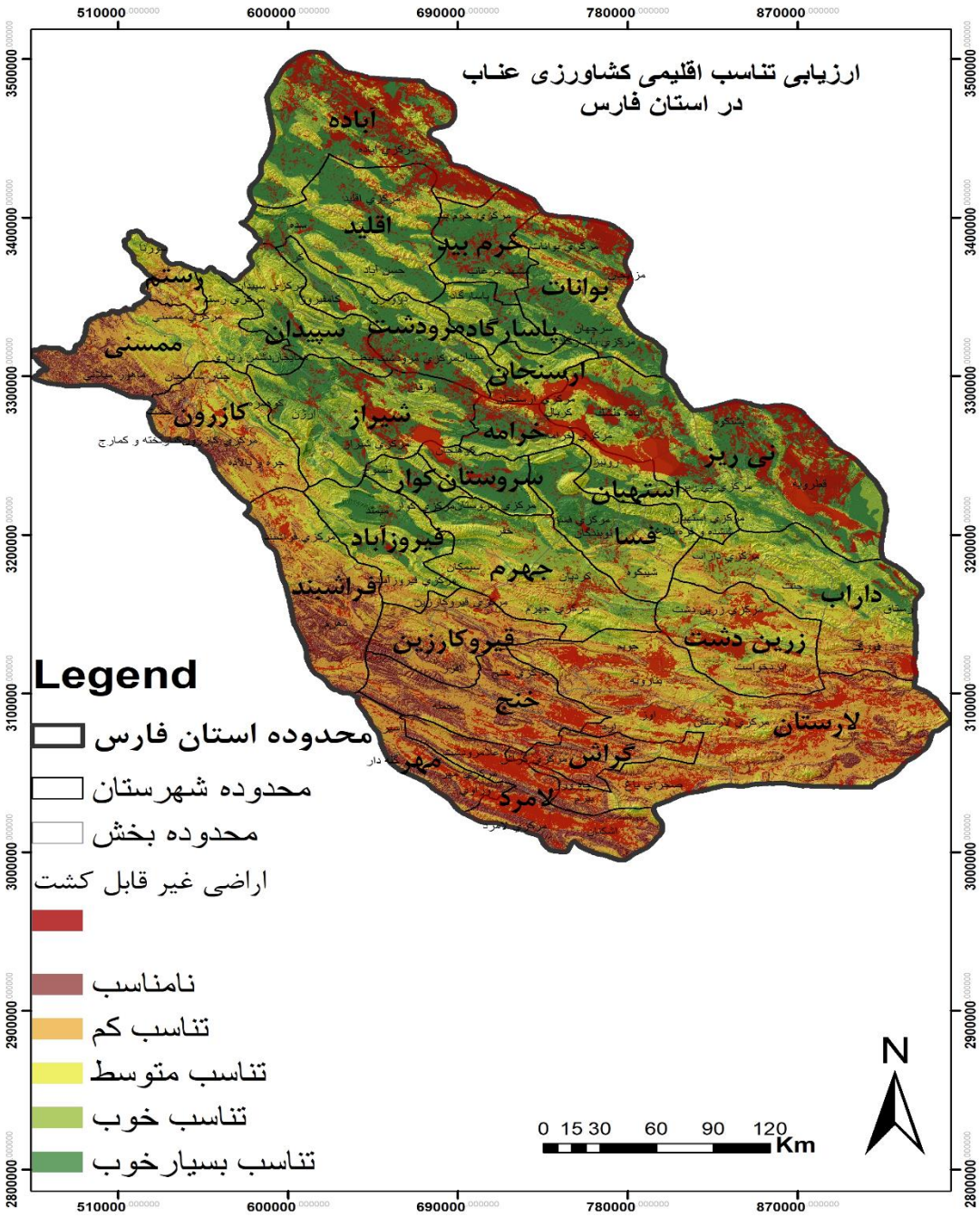
شکل ۲-پهنه‌بندی دمای حداکثر روزانه دردوره گلدهی تا رسیدگی،

شکل۳- پهنه‌بندی شاخص تنش گرما،

شکل۴- نقشه رده بندی خاک،

شکل۵- نقشه شیب اراضی،

شکل ۶- پهنه بندی توزیع ریسک تنش سرما در دوره شروع رشد تا دوره گلدهی



شکل۶: نقشه نهایی تناسب اقلیمی کشاورزی برای تولید عناب در استان فارس

به طور کلی بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش مناطق سرد تا معتدل استان فارس با عمق مناسب خاک، مناطق بسیار منستعدی برای تولید میوه عناب با کیفیت بالا و مناطق ننسبتاً گرم و نیمه گرمسیری استان از تناسب متوسط برخوردار می‌باشند، مناطق بسیار گرم، مناطق بسیار مرتفع (بالای ۲۲۰۰ متر) و مناطقی که دارای سایر محدودیت های ادافیکی بودند برای تولید عناب مناسب نمی‌باشند. هر چند در گستره‌ی وسیع تری از مناطق مستعد مشخص شده برای استان فارس می‌توان گیاه عناب را برای اهداف دیگری مانند حفاظت خاک، فضای سبز و حتی توسعه جنگل ها کاشت نموده و توسعه داد. دستاورد دیگر این پژوهش، ارایه یک

دستورالعمل جدید، کاربردی، نسبتا دقیق و مناسب برای مناطق خشک و نیمه خشک است که می‌توان بر اساس آن میزان توان اکولوژیک یک منطقه را برای توسعه محصولات زراعی و باغی جدید ارزیابی نمود. نتایج این تحقیق می‌تواند برای مکان‌یابی مناطق مناسب جهت ایجاد مزرعه‌های الگویی یا آزمایشی عناب در استان فارس به کار گرفته شود، هم‌چنین نتایج این تحقیق می‌تواند جهت انتقال داده‌های مناسب و مطمئن به کشاورزان و تولیدکنندگان جدید عناب جهت توسعه سطح زیرکشت این محصول مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس که با پشتیبانی مالی و علمی، در اجرای این پژوهش حمایت نمودند را اعلام دارند. این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی (قرارداد شماره۱۳۹۹۲)، مورد حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان فارس می‌باشد.

منابع مورد استفاده

Amirizadeh S, Taei Semiromi J and Meighani H. 2014. Zoning of ripening time of Yaghouti grape (*Vitis vinifera* cv. Yaghouti) based on thermal demand index in Kerman province. Proceedings of the 1st Research Congress of Application of Modern Science in Geographical Studies of Iran. Mashhad. Iran, Pp. 675-685. https://civilica.com/doc/451443.

Anderegg WR, Wu C, Acil N, Carvalhais N, Pugh TA, Sadler JP and Seidl R. 2022. A climate risk analysis of earth's forests in the 21st century. Science, 377(6610): 1099-1103. doi: 10.1126/science.abp9723

Araya A, Keesstra S, and Stroosnijder L. 2010. A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. Agricultural and forest meteorology, 150(7-8): 1057-1064.

Ashrafi A, Mikaniki J and Dehghani M. 2013. Agro- ecological zoning and evaluation of ecological potencies of south khorasan for jujube plantation. Geographical Planning of Space, 3(7): 67-86. https://gps.gu.ac.ir/article_5384_30aec8515458d9ee4dca6f8c7f6096c3.pdf. (In Persian with English Abstract).

Bai TC, Tao W, Zhang NN, Chen YQ and Mercatoris B. 2020. Growth simulation and yield prediction for perennial jujube fruit tree by integrating age into the WOFOST model. Journal of Integrative Agriculture, 19(3): 721-734. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62753-X

Butle AB, Talmale SA, Jadhao VV, Patil MB and Lambat TL. 2021. Immunostimulatory and anti-allergic potential of novel heterotrimeric lectin from seeds of Zizyphus mauritiana Lam. International Journal of Biological Macromolecules, 171: 389-397. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.027

Chen J, Liu X, Li Z, Qi A, Yao P, Zhou Z, Dong TT and Tsim KW. 2017. A review of dietary *Ziziphus jujuba* fruit (Jujube): Developing health food supplements for brain protection. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2017:1-10. https://doi.org/10.1155/2017/3019568

Crawford R, Shan F and McCarthy A. 2011. Chinese jujube: A developing industry in Australia. Proceedings of the 2nd International Jujube Symposium 993. Xinzheng, China. Pp. 29-36. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.993.3

Deng Q, Wang Y, Zhu W, Zhou Y and Deng Q. 2018. Study on the Chilling Requirement and Dormant Physiology of *Ziziphus jujuba* 'Zhanshanmizao'. Proceedings of the 7th International Conference on Energy and Environmental Protection. Shenzhen, China. Pp.1385-1388. https://doi.org/10.2991/iceep-18.2018.244

Faraslis I, Dalezios NR, Alpanakis N, Tziatzios GA, Spiliotopoulos M, Sakellariou S, Sidiropoulos P, Dercas N, Domínguez A and Martínez-López JA. 2023. Remotely sensed agroclimatic classification and zoning

in water-limited Mediterranean areas towards sustainable agriculture. Remote Sensing, 15(24), 5720 .https://doi.org/10.3390/rs15245720

Givi J. 2014. Qualitative and Economical Land Suitability Evaluation for Important Field Crops in Shahrekord Area, Using ALES Program. *Water and Soil*, 28(1): 10-21. doi: 10.22067/jsw.v0i0.35729

Guo M, Zhang Z, Li S, Lian Q, Fu P, He Y, Qiao J, Xu K, Liu L and Wu M. 2021. Genomic analyses of diverse wild and cultivated accessions provide insights into the evolutionary history of jujube. Plant Biotechnology Journal, 19(3): 517-531. https://doi.org/10.1111/pbi.13480

Ismail SM and Almarshadi MHS. 2013. Effect of water distribution patterns on productivity, fruit quality and water use efficiency of *Ziziphus jujuba* in arid regions under drip irrigation system. Journal of Food, Agriculture and Environment, 11(1): 373-378. https://doi.org/10.22067/jsw.v34i4.86329. (In Persian)

Jiang W, Chen L, HanY, Cao B and Song L. 2020. Effects of elevated temperature and drought stress on fruit coloration in the jujube variety 'Lingwuchangzao'(*Ziziphus jujube* cv. Lingwuchangzao). Scientia Horticulturae, 274: 109667-109669. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109667

Jiang W, Li, N, Zhang D, Meinhardt L, Cao B, Li Y and Song L. 2020. Elevated temperature and drought stress significantly affect fruit quality and activity of anthocyanin-related enzymes in jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv.'Lingwuchangzao'). PLOS One, 15(11):129-133. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241491

Jin J, Yang L, Fan D, Li, L and Hao Q. 2024. Integration analysis of miRNA-mRNA pairs between two contrasting genotypes reveals the molecular mechanism of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) response to high-temperature stress. BMC Plant Biology, 24(1):612-622. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05304-0

Kumar N, Poonia V, Gupta BB, Goyal MK. 2021. A novel framework for risk assessment and resilience of critical infrastructure towards climate change. Technological Forecasting and Social Change. 165: 120532. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120532

Linvill DE. 1990. Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observations. HortScience, 25(1):14-16. file://C:/Users/Pardis/Downloads/_journals_hortsci_25_1_article-p14-preview.pdf

Liu M, Wang J, Wang L, Liu P, Zhao J, Zhao Z, Yao S, Stănică F, Liu Z and Wang L. 2020. The historical and current research progress on jujube–a superfruit for the future. Horticulture Research, 7:119-136. https://doi.org/10.1038/s41438-020-00346-5

Nabati J, Nezami A, Neamatollahi E and Akbari M. 2020. GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. Ecological Indicators, 117:106646. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106646

Prakash O, Usmani S, Singh R, Singh N, Gupta A and Ved A. 2021. A panoramic view on phytochemical, nutritional, and therapeutic attributes of Ziziphus mauritiana Lam.: A comprehensive review. Phytotherapy Research, 35(1): 63-77. https://doi.org/10.1002/ptr.6769

Ramar MK, Henry LJK, Ramachandran S, Chidambaram K and Kandasamy R. 2022. *Ziziphus mauritiana* Lam attenuates inflammation via downregulating NFκB pathway in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages & OVA-induced airway inflammation in mice models. *J*ournal of Ethnopharmacology, *295*: 115445 .

Richardson EA, Seeley SD and Walker DR. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'redhaven' and 'elberta' peach trees. HortScience, 9(4): 331-332 .https://doi.org/10.21273/hortsci.9.4.331

Saaty TL. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, 15: 231-281

Sapkota S, Wang S and Liu Z. 2020. Phenological study of Chinese jujube trees using Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemische Industrie (BBCH) scale. Journal of Horticultural Science and Research, 3 (1): 68-73. DOI: 10.36959/745/400

Shahiki N, Taei Semirmi J and Meighani H. 2016. Evaluation of agroclimatic suitability of macadamia in Kerman province. Master's thesis. University of Jiroft, Iran.130, (In Persian with English Abstract).

Singh A and Meghwal P. 2020. Socio-economic and horticultural potential of Ziziphus species in arid regions of Rajasthan India. Genetic Resources and Crop Evolution, 67: 1301-1313 . https://doi.org/10.1007/s10722-020-00891-x

Stoli I and Stănică F .2021 .Review on some features of the Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill). 10-16. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2020.0033.

Sun H, Shao L, Liu X, Miao W, Chen S and Zhang X. 2012. Determination of water consumption and the water-saving potential of three mulching methods in a jujube orchard. European Journal of Agronomy, 43: 87-95. https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.05.007

Taei J, Mirbagheri V, Amiri A, and Azami ZA. 2017. Evaluation of agricultural climatic suitability of potato (Solanum tuberosum) winter cultivation pattern in Kerman province. Crop Production Journal, 10(1), 95-113. https://doi.org/10.22069/ejcp.2017.10370.1812.

Taei J. 2024. Agroclimatic feasibility of developing jujube (*Ziziphus jujuba*) production in Fars province. Final Report, Technical and Vocational University. Tehran, Iran. (In Persian with English Abstract).

Van Wart J, van Bussel LG, Wolf J, Licker R, Grassini P, Nelson A, Boogaard H, Gerber J, Mueller ND and Claessens L. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. Field Crops Research, 143: 44-55. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.023

Wang L, Wang L, Gao M, Qi C, Yang J, Li M, Ji S, Liu Z, Zhang M and Liu M. 2022. Genome-wide identification of IQ67 domain (IQD) gene families in Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and expression profiles in response to cold stress. Scientia Horticulturae, 293: 110686 . https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110686

Yang L, Ding X, Liu X, Li P and Eneji AE. 2016. Impacts of long-term jujube tree/winter wheat–summer maize intercropping on soil fertility and economic efficiency- a case study in the lower North China Plain. European Journal of Agronomy, 75: 105-117. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.008

Yang L, Jin J, Fan D, Hao Q and Niu J. 2021. Transcriptome analysis of a jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) cultivar response to heat stress. International journal of genomics, 2021: 3442277. doi:10.1155/2021/3442277

Zhang M, Yang L, Hao R, Bai X, Wang Y and Yu X. 2020. Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria isolated from jujube (*Ziziphus jujuba*) and their potential to enhance drought tolerance. Plant and Soil, 452: 423-440 .https://doi.org/10.1007/s11104-020-04582-5

Zhao G, Cui X, Sun J, Li T, Wang Q, Ye X and Fan B. 2021. Analysis of the distribution pattern of Chinese Ziziphus jujuba under climate change based on optimized biomod2 and MaxEnt models. Ecological Indicators, 132: 108256 . https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108256

Zhou H, He Y, Zhu Y, Li M, Song S, Bo W, Li Y and Pang X. 2020. Comparative transcriptome profiling reveals cold stress responsiveness in two contrasting Chinese jujube cultivars. BMC Plant Biology, 20: 1-12. https://doi.org/10.1186/s12870-020-02450-z