Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 78 (3)
Online ISSN: 2423-7795

Feasibility Study for Developing Irrigated Orchards in the Downstream Hilly lands of the Azad Dam in Kurdistan

Maryam Osat[1*] | Shahrokh Fatehi[2] | Javad Seyed Mohamadi[3]

1. Horticulture Crops Research Department, Kordestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran.
E-mail: maryam.ousat@gmail.com
2. Soil and Water Research Department, Kermanshah agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Kermanshah, Iran.
3. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 02 Feb. 2025
Revised: 08 Mar. 2025
Accepted: 19 Mar. 2025
Published online: 23 Sept. 2025

Keywords:
Almond,
Grape,
Land suitability,
Soil conservation.

Abstract

Optimal utilization of production factors constitutes one of the fundamental pillars of sustainable development. Increasing pressure on soil resources due to population growth, industrial development, and limitation of agricultural lands makes the optimal and sustainable use of soil essential. Kurdistan Province, as one of the agricultural hubs, is suitable for the development of orchards. The aim of this research is to determine the land suitability for the development of walnut, almond, apple, pear, grape, and cherry orchards in 3,000 hectares of the downstream lands of the Azad Dam to establish the optimal planting patterns. This study seeks to establish optimal planting patterns using the FAO standard method for land suitability assessment. Climatic characteristics, slope, flooding, drainage, texture/structure, coarse fragments, soil depth, CaCO3, pH, EC, and organic carbon were examined in this study. Results show that in the relatively suitable class (S2), almond occupies the largest area with 561.4 hectares; in the critical suitability class (S3), walnut covers 679.4 hectares; and in the unsuitable class (N), pear accounts for 1,275.1 hectares, representing the largest area. These crops have no limitations in terms of salinity and alkalinity. The minimum and maximum climatic limitations correspond to almond and pear, respectively. The most important limiting factors for these crops include slope, soil depth, and texture. In steep land with deep soil, following soil conservation principles can enhance effective utilization and improve the land's suitability class. In the steep lands of the region, if there is appropriate soil depth and the principles of soil conservation are implemented, it is possible to reduce the limitations of slope and improve land suitability classes.

Cite this article: Osat, M., Fatehi, S., Seyed Mohamadi, J. (2025). Feasibility Study for Developing Irrigated Orchards in the Downstream Hilly lands of the Azad Dam in Kurdistan. *Journal of Range & Watershed Management*, 78 (3), 341-361.
DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.389821.1803

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری

دوره ۷۸ (۳)

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۷۹۵

امکان‌سنجی توسعه باغات آبی در اراضی شیب‌دار پایاب سد آزاد کردستان

مریم اوسط[1*] | شاهرخ فاتحی[2] | جواد سیدمحمدی[3]

۱. بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

رایانامه: maryam.ousat@gmail.com

۲. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
انگور،
بادام،
تناسب اراضی،
حفاظت خاک.

چکیده

استفاده بهینه از عوامل تولید، یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار محسوب می‌شود. فشار روز افزون بر منابع خاک ناشی از افزایش جمعیت، توسعه مناطق صنعتی و محدود شدن اراضی کشاورزی، نیاز به استفاده بهینه و پایدار از خاک را ضروری می‌نماید. استان کردستان به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی، مستعد توسعه باغات است. هدف این پژوهش، ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه باغات گردو، بادام، سیب، گلابی، انگور و گیلاس در ۳۰۰۰ هکتار از اراضی پایاب سد آزاد به‌منظور تعیین الگوی کشت بهینه می‌باشد. برای این منظور، از روش استاندارد فائو برای ارزیابی تناسب سرزمین استفاده شد. ویژگی‌های اقلیمی، شیب، سیلگیری، زهکشی، بافت و ساختمان خاک، سنگ و سنگریزه، عمق خاک، کربنات کلسیم، واکنش خاک، قابلیت هدایت الکتریکی و کربن آلی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. براساس نتایج به‌دست آمده، در کلاس تناسب نسبتا مناسب (S2)، بادام با ۵۶۱/۴ هکتار، در کلاس تناسب بحرانی (S3)، گردو با ۶۷۹/۴ هکتار و در کلاس نامناسب (N)، گلابی با ۲۷۵۱/۱ هکتار بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. این محصولات از لحاظ شوری و قلیائیت محدودیتی ندارند. حداقل و حداکثر محدودیت‌های اقلیمی به ترتیب مربوط به بادام و گلابی است. مهمترین ویژگی‌های محدودکننده برای اکثر محصولات در این اراضی شامل شیب، عمق خاک و بافت می‌باشد. در اراضی شیب‌دار منطقه به شرط عمق مناسب خاک و اجرای اصول حفاظت خاک، امکان کاهش محدودیت‌های ناشی از شیب و بهبود کلاس تناسب اراضی وجود دارد.

استناد: اوسط؛ مریم، فاتحی؛ شاهرخ، سیدمحمدی؛ جواد (۱۴۰۴). امکان‌سنجی توسعه باغات آبی در اراضی شیب‌دار پایاب سد آزاد کردستان. *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۸ (۳)، ۳۶۱-۳۴۱.
DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.389821.1803

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

محدود بودن اراضی کشاورزی از یک طرف و ضعف کشاورزی سنتی در تامین غذا و جمعیت رو به رشد از طرف دیگر موجب گردیده که محققین کشاورزی و برنامه‌ریزان به فکر راه حل مناسبی برای حل این مشکل باشند. یکی از راه حل‌های ممکن و قابل انجام در حال حاضر، تعیین کاربری مطلوب اراضی با در نظر گرفتن تمامی عوامل محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی به‌منظور توسعه پایدار می‌باشد (ژانگ و نیو[1]، ۲۰۱۶). متاسفانه در بسیاری از کشورها، کشت محصولات مختلف بدون در نظر گرفتن اصول پایداری صورت می‌گیرد (رحمانی[2] و همکاران، ۲۰۲۲). هرگونه استفاده از اراضی برای کاربری خاص، باید با توجه به تناسب و پتانسیل تولید واقعی آن باشد (تومانیان و زین‌الدینی میمند[3]، ۲۰۲۲). هر محصول با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی و خصوصیات متفاوت اراضی، دارای تناسب و پتانسیل تولید متفاوتی است. با ارزیابی تناسب اراضی و استفاده بهینه از منابع، ضمن حداکثر بهره‌وری، از تخریب و فرسایش اراضی و انحطاط و انهدام این منابع حیاتی جلوگیری شده و امکان استفاده از اراضی برای آیندگان نیز فراهم می‌گردد. همچنین محدودیت‌های اقلیمی و خاکی و زمین‌نما برای محصولات مورد نظر شناسایی می‌شود که می‌توان در صورت امکان نسبت به رفع محدودیت‌های قابل اصلاح اقدام کرد (بیین[4] و همکاران، ۲۰۲۲). به‌خاطر کشت سیب در اراضی جنوب اتیوپی بدون انجام ارزیابی‌های لازم، بیین و همکاران (۲۰۲۲) اقدام به بررسی تناسب اراضی برای این محصول کردند و نشان دادند که تنها ۳۴ درصد از این اراضی واجد شرایط کشت سیب هستند و کشت محصول جایگزین می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری اقتصادی و بهبود پایداری اراضی شود.

عدم شناخت کافی از اثر خصوصیات اقلیمی و اراضی برای تولید محصولات زراعی و باغی موجب شده که کشاورزان بدون شناخت کافی از وضعیت و پتانسیل زمین به کشت محصولات مختلف اقدام کنند. این مسئله باعث مدیریت ضعیف و عدم بهره برداری مناسب از زمین شده است. از آنجا که باغ‌ها تا زمان محصول‌دهی به سرمایه‌گذاری و زمان بیشتری نسبت به محصولات زراعی نیاز دارند، اهمیت پژوهش‌های پایه برای باغ بسیار بیشتر خواهد بود؛ زیرا در صورت نامناسب بودن یک مکان و ایجاد باغ در آن پس از گذشت چند سال، هزینه‌های پرداخت شده و مهم‌تر از آن زمان از دست رفته جبران ناپذیر است (باقری بداغ آبادی[5] و همکاران، ۲۰۲۰). توسعه پایدار زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن استفاده شود (مرام[6] و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس گزارش فائو، ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور حفاظت از اراضی و حفظ باروری آن ضروری است (فائو[7]، ۲۰۰۷). فاکتورهای بسیاری از جمله خاک، اقلیم، توپوگرافی، فرسایش، سیلگیری و... در تعیین تناسب اراضی برای محصولات مختلف کشاورزی تاثیرگذار است (الشیخ[8] و همکاران، ۲۰۱۳). تا کنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات زراعی و باغی انجام شده است. پژوهش‌های صورت گرفته بیشتر بر روی محصولات زراعی متمرکز بوده‌اند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات نبی‌اللهی[9] و همکاران (۲۰۲۴)، سلمی[10] و همکاران (۲۰۲۴)، باقری بداغ آبادی و همکاران (۲۰۱۵)، دنگ[11] و همکاران (۲۰۱۹) و شهبازی[12] و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد. در این مطالعات، روش‌ها و ابزارها یا فناوری‌های گوناگونی برای تعیین تناسب سرزمین ارزیابی شده است. در این بین روشی که بیشتر از سایر روش‌ها استفاده شده روش سایز و همکاران است (سایز[13] و همکاران، ۱۹۹۱). اگرچه درباره محصولات باغی نیز

1 Zhang & Niu
2 Rahmani
3 Toomanian & Zenadini Meymand
4 Beyene
5 Bagheri Bodaghabadi
6 Maram
7 FAO
8 Elsheikh
9 Nabiollahi
10 Selmy
11 Dang
12 Shahbazi
13 Sys

پژوهش‌هایی انجام شده است با این حال ارزیابی تناسب سرزمین برای محصولات باغی کمتر از محصولات زراعی مد نظر قرار گرفته است. اربابی[1] و همکاران (۲۰۱۳) از دو روش محدودیت ساده و پارامتریک در ارزیابی تناسب اراضی منطقه چنار کاشان برای کشت بادام استفاده کردند و نشان دادند که هر دو روش در اکثر واحدهای اراضی نتایج مشابهی را نشان می‌دهد. وفابخش[2] و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، اعلام کردند که بهینه‌سازی الگوی کشت با در نظر گرفتن تناسب اراضی و محدودیت‌های منطقه‌ای برای محصولات باعث کاهش ۱۱/۷ درصدی در مصرف آب و افزایش ۲۷/۱ و ۴۳/۹ درصدی به‌ترتیب در کل درآمد منطقه و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در مقایسه با الگوی کشت موجود گردیده است. با توجه به اینکه نیاز محصولات مختلف به نهاده‌ها و منابع تولید به‌ویژه آب متفاوت است، تغییر الگوی کشت به‌طور مستقیم مصرف آب در بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر همین اساس، امروزه اصلاح الگوی کشت یکی از راهبردهای مهم مدیریت منابع به‌ویژه آب در بخش کشاورزی به حساب می‌آید (سان[3] و همکاران، ۲۰۱۵). از دیگر مطالعات صورت گرفته بر روی تناسب اراضی باغات می‌توان به مطالعات خسروی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱)، باقری بداغ آبادی و همکاران (۲۰۲۰)، و مروج[4] و همکاران (۲۰۱۷) و ماربون[5] و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد.

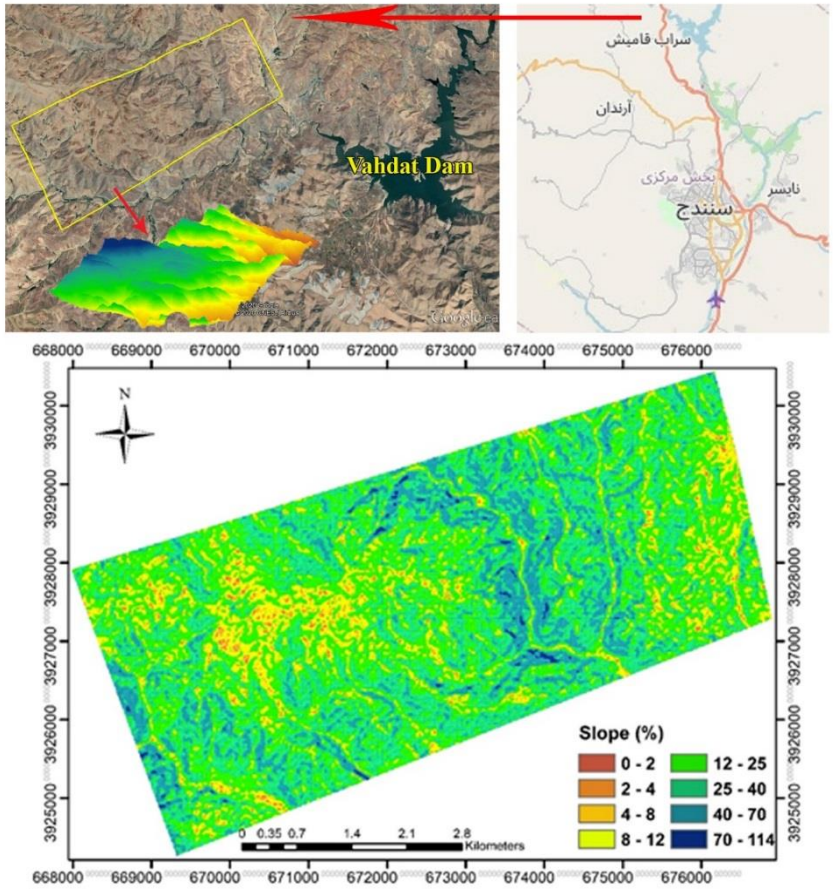
نزدیک به نیمی از مساحت ایران (بین ۳ تا ۵۰ درصد) به اراضی شیب‌دار اختصاص دارد. بهره‌برداری صحیح و علمی از این اراضی می‌تولند نقش مؤثری در مدیریت بهینه و پایدار منابع خاک و آب و در نهایت حفظ و توسعه منابع طبیعی ایفا کند (باقری بداغ‌آبادی و همکاران، ۲۰۲۰). تاکنون تحقیقات اندکی در مورد خاک‌های استان کردستان انجام شده و اطلاعات مفید و مدیریت‌پذیری در راستای استفاده بهینه و پایدار از این منابع ارزشمند وجود ندارد. استان کردستان به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی، از جمله استان‌های مستعد در توسعه باغات می‌باشد. به‌واسطه فراهم شدن امکان بهره‌برداری از آب سد آزاد، به پیشنهاد مدیران جهاد کشاورزی استان، امکان توسعه باغات در ۳۰۰۰ هکتار از اراضی پایاب سد آزاد استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت. توسعه باغات در اراضی شیب‌دار، فارغ از جنبه‌های امنیتی، اقتصادی و اجتماعی، از منظر مقابله با فرسایش خاک و حفظ و احیای منابع طبیعی از اهمیت بالایی برخوردار است. این پژوهش می‌تواند به‌طور قابل توجهی از هدر رفت غیر ضروری هزینه‌ها و زمان جلوگیری کند. همچنین با شناسایی محدودیت‌های اقلیمی، خاکی و زمین‌نما برای محصولات مورد نظر، برنامه‌ریزان و کشاورزان قادر خواهند بود از اراضی به‌طور صحیح استفاده کرده و محدودیت‌های قابل اصلاح را برطرف کنند.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه پژوهش

منطقه مطالعاتی به مساحت ۳۰۰۰ هکتار در اراضی پایاب سد آزاد واقع در ۲۵ کیلومتری مرکز استان و در مرزهای ″۷/۴۰ ′۳۰ °۳۵ – ″۵۰/۲۴ ′۲۶ °۳۵ شمالی و ″۵۹/۹۴ ′۵۶ °۴۶ – ″۵/۳۵ ′۵۱ °۴۶ شرقی واقع شده است. بر اساس مطالعات میدانی صورت گرفته، منطقه مورد مطالعه دارای سه نوع کاربری اصلی مرتع، زراعت گندم دیم و باغ می‌باشد. در این پژوهش با توجه به امکان بهره‌برداری از آب سد آزاد، امکان توسعه پایدار باغات مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۱ نقشه شیب محدوده مطالعاتی مورد نظر را نشان می‌دهد. نقشه شیب منطقه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر و نرم افزار Arc GIS تهیه گردید.

1 Arbabi
2 Vafabakhsh
3 Sun
4 Moravej
5 Marbun



شکل ۱. تصویر گوگل ارث و نقشه شیب محدوده مطالعاتی

شیب منطقه از کمتر از دو درصد که عمدتا در راس شیب تا ۱۱۴ درصد در دامنه‌ها تغییر می‌کند. این در حالی است که قسمت عمده منطقه (۸۵/۴۹ درصد) دارای شیب بیش از ۱۲ درصد می‌باشد (جدول ۲). کلاس شیب ۱۱۴–۷۰ درصد با ۰/۴۴ درصد و کلاس شیب ۱۲–۲۵ درصد با ۳۷/۰۷ درصد، به‌ترتیب کمترین و بیشترین سطح را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند.

۲–۲. اقلیم

به‌منظور بررسی ویژگی‌های اقلیمی و محاسبه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی منطقه مورد مطالعه، از آمار سی ساله ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سنندج با ارتفاع ۱۳۷۳ متر استفاده گردید (جدول ۱). متوسط بارندگی سالانه این منطقه ۳۹۳/۵ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۴/۱ درجه سلسیوس گزارش شده است. کمینه و بیشینه دمای ماهانه با ۳/۹– و ۳۷/۵ درجه سلسیوس به‌ترتیب مربوط به دی و مرداد ماه می‌باشد. طول دوره خشک در این منطقه از اواخر اردیبهشت تا آخر مهر ماه و کمی بیش از ۵ ماه (حدود ۱۶۰ روز) است. دوره خشک مدت زمانی است که دما از دو برابر بارش بیشتر می‌باشد. در این ایستگاه بیشینه رطوبت نسبی در ماه دی و کمینه آن در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور اتفاق می‌افتد. میانگین رطوبت نسبی این منطقه حدود ۴۸/۸ درصد می‌باشد. بر اساس میانگین دما و بارندگی و با استفاده از برنامه نیوهال[1]، رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به‌ترتیب زریک خشک و ترمیک تعیین گردید (وان ومبک[2]، ۱۹۸۶).

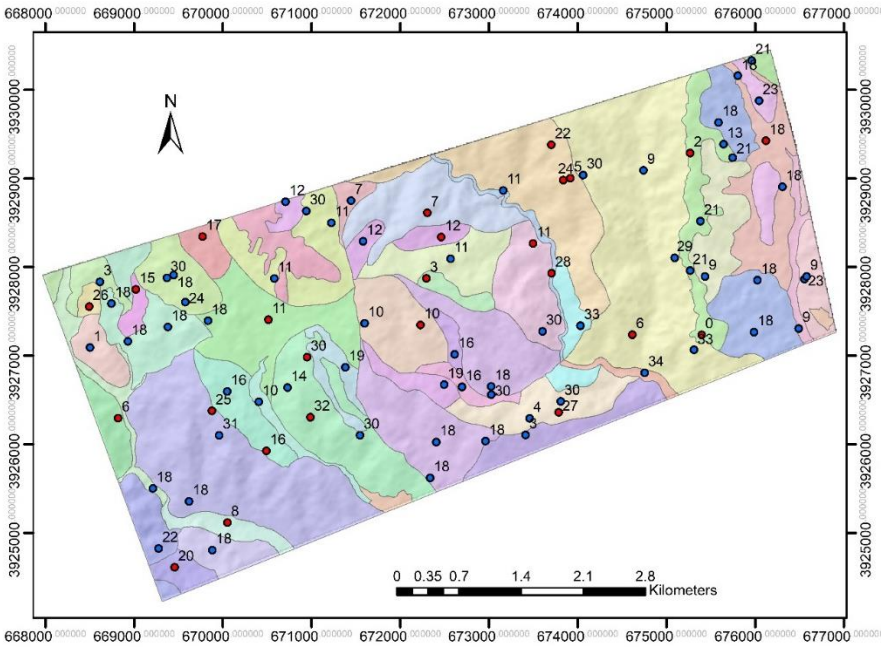
1 Newhal soil and temperature simulation model
2 Van Wembeke

جدول ۱. میانگین دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد) سی سالهٔ ایستگاه همدیدی سنندج

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین دمای حداقل	۳/۷	۷/۶	۱۱/۶	۱۶/۷	۱۷/۹	۱۲/۴	۷/۷	۳/۵	-۰/۹	-۳/۹	-۳/۸	-۰/۲
میانگین دمای حداکثر	۱۸/۲	۲۴	۳۱/۴	۳۶/۷	۳۷/۵	۳۴	۲۷	۱۷/۷	۱۱	۷/۱	۷/۴	۱۲/۸
میانگین دمای هوا	۱۱	۱۵/۸	۲۱/۵	۲۶/۷	۲۷/۷	۲۳/۲	۱۷/۴	۱۰/۶	۵/۱	۱/۶	۱/۸	۶/۳
بارندگی	۶۰/۵	۴۶	۶/۱	۱/۱	۰/۴	۰/۸	۱۱/۴	۶۹	۴۸	۳۹/۷	۵۲	۵۸/۵
میانگین رطوبت نسبی	۵۴/۶	۵۱/۹	۳۶/۸	۲۸/۴	۲۷/۳	۳۱/۳	۴۰/۳	۵۹	۶۳/۹	۶۷/۲	۶۶/۶	۵۸/۵

۲-۳. خاک‌های منطقه

با توجه به تشریح خاک‌رخ‌های مطالعاتی در منطقه، نتایج آزمایشگاهی و رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، خاک‌ها در محدوده مطالعاتی بر اساس روش جامع رده‌بندی خاک (رده‌بندی آمریکایی خاک[1]، ۲۰۲۲) در چهار رده (انتی‌سول، اینسپتی‌سول، آلفی‌سول و ورتی‌سول)، چهار زیررده، شش گروه بزرگ و ۱۴ زیرگروه قرار گرفتند. شکل شماره ۲ نقشه نیمه‌تفصیلی خاک منطقه به روش ژئوپدولوژی را به همراه موقعیت خاکرخ‌های حفر شده نشان می‌دهد. در این شکل، کد ارائه شده برای هر خاکرخ معرف کلاس فامیل خاک است که در جدول شماره ۲ معرفی شده است. بیشتر خاک‌های منطقه در مراحل اولیه تکامل قرار دارند. از بین ۸۱ خاکرخ حفر شده در منطقه، ۲۱ خاکرخ در رده انتی‌سول، ۳۸ خاکرخ در رده اینسپتی‌سول، ۱۲ خاکرخ در رده ورتی‌سول و ۱۰ خاکرخ در رده آلفی‌سول جای گرفتند. یکی از عوامل جوان بودن خاک‌های منطقه شیب‌دار بودن اراضی است که انجام فرآیندهای خاکسازی را با کندی همراه می‌سازد. شیب زیاد، عمق کم، بافت سنگین، درصد بالای سنگ و سنگریزه و حضور کربنات کلسیم از محدودیت‌های عمده خاک‌های منطقه به حساب می‌آید. جدول ۳ آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی اندازه‌گیری شده در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه خاک منطقه به همراه خاک‌رخ‌های حفر شده. خاک‌رخ‌های شاهد با رنگ قرمز مشخص شده است.

1 USDA soil taxnomy

جدول ۲. کلاس فامیل خاک شناسایی شده در منطقه

کد	کلاس فامیل خاک
۱	Clayey-skeletal, mixed, nonacid, thermic, Typic Xerorthents
۲	Clayey-skeletal, mixed, superactive, nonacid, thermic, Lithic Xerorthents
۳	Clayey-skeletal, mixed, thermic, Typic Haploxeralfs
۴	Coarse-loamy, mixed, nonacid, thermic, Typic Xerorthents
۵	Coarse-silty, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts
۶	Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts
۷	Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Haploxerepts
۸	Fine-silty, mixed, superactive, thermic, Fluentic Haploxerepts
۹	Fine-silty, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts
۱۰	Fine, mixed, active, thermic, Chromic Haploxererts
۱۱	Fine, mixed, active, thermic, Typic Calcixerepts
۱۲	Fine, mixed, active, thermic, Typic Haploxererts
۱۳	Fine, mixed, nonacid, thermic, Lithic Xerorthents
۱۴	Fine, mixed, nonacid, thermic, Typic Xerorthents
۱۵	Fine, mixed, superactive, thermic, Aquic Haploxerepts
۱۶	Fine, mixed, superactive, thermic, Chromic Calcixererts
۱۷	Fine, mixed, superactive, thermic, Chromic Haploxererts
۱۸	Fine, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts
۱۹	Fine, mixed, superactive, thermic, Typic Haploxerepts
۲۰	Fine, mixed, superactive, thermic, Vertic Haploxerepts
۲۱	Fine, mixed, thermic, Calcic Haploxeralfs
۲۲	Fine, mixed, thermic, Inceptic Haploxeralfs
۲۳	Loamy-skeletal, mixed, nonacid, thermic, Lithic Xerorthents
۲۴	Loamy-skeletal, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Xerorthents
۲۵	Loamy-skeletal, mixed, superactive, nonacid, thermic, Typic Xerorthents
۲۶	Loamy-skeletal, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts
۲۷	Loamy-skeletal, mixed, superactive, thermic, Typic Haploxerepts
۲۸	Loamy-skeletal, mixed, thermic, Mollic Haploxeralfs
۲۹	Loamy, mixed, calcareous, thermic, Lithic Xerorthents
۳۰	Loamy, mixed, superactive, nonacid, thermic, Lithic Xerorthents
۳۱	Sandy-skeletal, mixed, superactive, nonacid, thermic, Typic Xerorthents
۳۲	Very-fine, mixed, active, thermic, Chromic Haploxererts
۳۳	Nonsoil
۳۴	River

جدول ۳. آمار توصیفی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در ۱۰۰ سانتی‌متری فوقانی خاک‌رخ‌های مطالعاتی

ویژگی	میانگین	حداکثر	حداقل	مد	انحراف معیار	ضریب تغییرات	کشیدگی	چولگی
واکنش خاک	۷/۲	۸/۱	۶/۱	۷/۴	۰/۴	۰/۱	−۰/۴	−۰/۲
قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)	۰/۵	۲	۰/۱	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۲/۵	۹/۹
رطوبت اشباع (%)	۵۵/۸	۶۶/۴	۲۳/۲	۶۱/۲	۹/۹	۰/۲	−۱/۸	۲/۳
کربن آلی (%)	۱	۲	۰/۱	۱/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۴	−۰/۵
کربنات کلسیم معادل (%)	۱۹/۳	۵۵/۳	۳/۲	۱۷/۵	۸/۹	۰/۵	۰/۹	۱/۹
رس (%)	۴۰	۶۲	۸	۴۲	۱۱/۴	۰/۳	−۰/۵	−۰/۳
سیلت (%)	۲۶/۹	۴۸	۲	۲۸	۶/۳	۰/۲	۰	۱/۲
شن (%)	۳۳/۲	۸۰	۹	۲۲	۳۱/۱	۰/۴	۰/۸	۰/۵
ازت کل (mg/kg)	۰/۱	۶/۹	۰	۰/۱	۰/۴	۳/۲	۱۶/۱	۲۶۴/۵
فسفر (mg/kg)	۵/۹	۴۲/۲	۰/۱	۳	۵	۰/۸	۲/۵	۱۱/۱
پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۲۴۳/۴	۵۳۸/۶	۴۷/۷	۲۳۴/۸	۸۶/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۶

همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌گردد هیچ محدودیتی از نظر شوری و قلیائیت در خاک‌های منطقه وجود ندارد. واکنش خاک نزدیک به خنثی بوده و حداکثر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده ۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده و برای تمامی محصولات انتخاب شده در حد بهینه می‌باشد. متوسط کربن آلی ۱ درصد می‌باشد که نشان دهنده کیفیت پایین خاک از نظر مواد آلی است. کربنات کلسیم معادل بین ۳/۲ تا ۵۵/۳ درصد متغیر است که نشان دهنده مقادیر کم تا زیاد کربنات کلسیم در قسمت‌های مختلف منطقه است. قسمت اعظم خاک‌های منطقه سنگین می‌باشد به طوریکه فراوان‌ترین بافت‌ها در منطقه رسی و پس از آن لوم رسی می‌باشد. بیش از ۹۳ درصد از سطح منطقه دارای بیش از ۲۰۰ پی‌پی‌ام پتاسیم قابل تبادل بوده و نیاز به کوددهی جدی ندارند. ۸۲ درصد از سطح منطقه دارای فسفر کمتر از ۵ پی‌پی‌ام بوده که نشان دهنده نیاز جدی به استفاده از کودهای فسفره در احداث باغات منطقه می‌باشد. میانگین نیتروژن نیز پایین می‌باشد که این امر نیاز به بهره‌برداری اصولی از منابع نیتروژنه با شکل کندرها در قالب چالکود را ضروری می‌سازد.

۲-۴. ارزیابی تناسب سرزمین

اولین قدم در برنامه‌ریزی تعیین تناسب اراضی و تهیه الگوی کشت، انتخاب گیاهان مناسب منطقه است. در این پژوهش محصولات گردو، بادام، سیب، گلابی، انگور و گیلاس انتخاب شدند که این انتخاب بر اساس پیشنهاد مدیران جهاد کشاورزی استان کردستان صورت گرفت. پس از انتخاب محصولات، ویژگی‌هایی که بر تولید محصولات مد نظر تاثیر معنی‌دار دارد، از جمله ویژگی‌های اقلیمی و ویژگی‌های مربوط به خاک و سرزمین مورد بررسی قرار گرفت. اقلیم به‌طور مستقیم بر تعیین گیاهان مناسب برای کشت در منطقه تاثیر دارد (زی[1] و همکاران، ۲۰۲۰). داده‌های اقلیمی معمولا شامل دمای متوسط، دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای حداکثر مطلق، دمای حداقل مطلق، دمای روز و دمای شب برحسب درجه سانتی‌گراد، ساعات آفتابی بر حسب ساعت، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و رطوبت نسبی برحسب درصد است. در راستای تعیین شاخص اقلیمی برای محصولات مختلف، تعیین دوره‌های فنولوژی درختان منتخب ضروری است. به‌منظور تهیه دوره‌های فنولوژی محصولات باغی، نخست از فنولوژی گیاهان باغی منتشر شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب استفاده گردید (زین‌الدینی میمند[2] و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به اهمیت تعیین صحیح دوره‌های فنولوژی محصولات باغی مورد نظر در اقلیم کردستان، جداول پس از اصلاح توسط متخصصین بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، مورد استفاده قرار گرفتند. پس از محاسبه شاخص اقلیمی (CI)، این شاخص با استفاده از معادلات زیر به درجه اقلیمی (CR) تبدیل گردید:

رابطه ۱) $CR = ۱۶/۶۷ + ۰/۹\ CI$ $۲۵ < CI < ۹۲/۵$

رابطه ۲) $CR = ۱/۶\ CI$ $CI < ۲۵$

در یک اقلیم مشخص، خاک نقش تعیین کننده‌ای در کشت محصولات داشته و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در تناسب اراضی تاثیرگذار است. ویژگی‌های خاک و اراضی از جمله شیب، وضعیت زهکشی و سیلگیری، ویژگی‌های فیزیکی خاک، میزان آهک و گچ، ویژگی‌های حاصلخیزی خاک و شوری و قلیائیت از ویژگی‌های تاثیر گذار در تناسب اراضی است که بسته به نوع محصولات همه یا برخی از این ویژگی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. جداول نیازهای رویشی[3] محصولات براساس اقلیم، خاک و زمین‌نما[4] برای همه محصولات ذکر شده در لیست گیاهان باغی کشور ارائه شده است. پایه و اساس این جداول، روش سایز و همکاران (۱۹۹۱) بود که

1 Zia
2 Zenadini Meymand
3 Crop requirements
4 Landscape

اصلاح و تطبیق آن‌ها براساس شرایط کشور ایران انجام شده است. جداول تهیه شده در دو مجلد جداگانه برای گیاهان زراعی و باغبانی در موسسه تحقیقات خاک و آب منتشر شده است. برای آگاهی بیشتر از حدود و دامنه‌های تغییر پارامترهای خاک، اراضی و اقلیم هر یک از گیاهان مورد ارزیابی در این پژوهش و درجه تناسب اختصاص داده شده به آن‌ها می‌توان به این دو مجلد مراجعه نمود (زین‌الدینی میمند و همکاران، ۲۰۱۹).

به‌منظور تعیین درجه تناسب اراضی، نیازهای هر محصول با خصوصیات اراضی منطقه مقایسه شد. بعضی از اطلاعات مربوط به اراضی از قبیل شیب، وضعیت زهکشی و محدودیت سیل‌گیری به همان صورتی‌که در کارت تشریح پروفیل وجود دارند در ارزیابی تناسب اراضی به‌کار رفت. متوسط سایر اطلاعاتی که در کارت تشریح پروفیل برای هر افق خاک گزارش می‌شود، با توجه به ضرایب وزنی برای عمق یک و نیم متری محاسبه شد. در این پژوهش برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی محصولات باغی از روش پارامتریک (ریشه دوم) که توسط سایز و همکاران (۱۹۹۱) ارائه شده، استفاده گردید. در این روش، به هر خصوصیت از اراضی یک درجه‌بندی عددی اختصاص داده می‌شود (بین صفر و ۱۰۰). اگر خصوصیت اراضی برای نوع استفاده از اراضی دارای شرایط مطلوب باشد به آن عدد ۱۰۰ و اگر شرایط نامطلوب باشد نسبت به محدودیتی که ایجاد می‌کند عدد کمتری اختصاص می‌یابد. از این درجه‌بندی عددی برای تعیین شاخص استفاده شد. شاخص به روش ریشه دوم (خیدیر) با استفاده از رابطه ۳ به‌دست آمد.

$$I = R\min \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \cdots} \qquad \text{رابطه ۳)}$$

I: شاخص اراضی، Rmin: شاخص حداقل و A, B, C, …: درجه‌بندی سایر ویژگی‌ها. در نهایت شاخص اراضی به کلاس تناسب اراضی تبدیل شد. شاخص ۱۰۰–۷۵ نشان دهنده کلاس خیلی مناسب (S1)، ۷۴/۹–۵۰ کلاس نسبتا مناسب (S2)، ۴۹/۹–۲۵ تناسب بحرانی (S3) و ۲۴/۹–۰ نامناسب (N) می‌باشد. نوع محدودیت واحدها توسط تحت کلاس تناسب اراضی مشخص می‌شود. تحت کلاس c: محدودیت اقلیمی، t: محدودیت پستی و بلندی، w: محدودیت زهکشی، s: محدودیت خصوصیات فیزیکی خاک، f: محدودیت حاصلخیزی خاک و n: محدودیت شوری و قلیایی می‌باشد.

۳. یافته‌های پژوهش

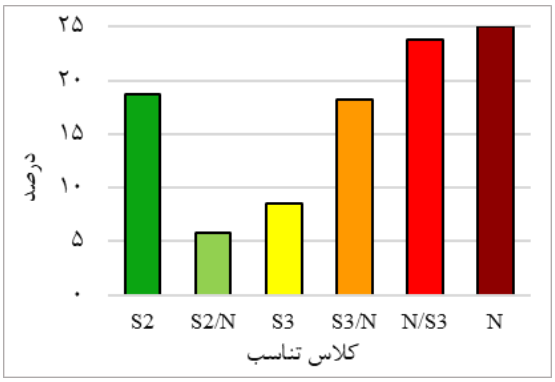
جدول ۴ مقادیر شاخص اقلیمی و درجه اقلیمی را برای محصولات مختلف نشان می‌دهد. بالاترین و پایین‌ترین درجه اقلیمی به ترتیب مربوط به بادام و گلابی می‌باشد. بنابراین بادام به‌عنوان محصول سازگار با شرایط اقلیمی موجود شناخته شده، و این در حالی است که گلابی با چالش‌های بیشتری مواجه است.

جدول ۴. شاخص و درجه اقلیمی محاسبه شده برای محصولات منتخب

محصول	شاخص اقلیمی	درجه اقلیمی	کلاس	بیشترین محدودیت اقلیمی
بادام	۸۶/۰۷	۹۴/۱۳	S1	میانگین حداقل دمای گلدهی
انگور	۴۹/۴۹	۶۱/۲۱	S2	میانگین دمای جوانه‌زنی و رشد سرشاخه‌ها
گیلاس	۳۸/۱۳	۵۰/۹۸	S2	میانگین دمای رشد جوانه
سیب	۲۴/۶۵	۳۸/۸۵	S3	حداکثر دمای مطلق دوره رشد
گردو	۲۵/۷	۳۹/۸	S3	حداقل دمای مطلق دوره رشد
گلابی	۱۸/۸	۳۳/۵۹	S3	حداکثر دمای مطلق دوره رشد

۳-۱. تناسب اراضی بادام

نمودار درصد کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت بادام در شکل ۳ به خوبی توزیع مختلف اراضی را نمایش می‌دهد و درک بهتری از وضعیت تناسب اراضی در این منطقه ارائه می‌دهد. همچنین، نقشه طبقه‌بندی تناسب اراضی درخت بادام که در شکل ۴ ارائه شده، به تفکیک بصری کلاس‌های مختلف اراضی و شرایط آن‌ها کمک می‌کند. طبق ارزیابی‌های انجام شده، حدود ۵۶۱ هکتار از کل اراضی مطالعه شده (معادل ۱۹ درصد) در کلاس S2 با محدودیت‌های متوسط قرار دارد. به علاوه، شش درصد از سطح منطقه مورد مطالعه در کلاس S2/N، هشت درصد در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید، ۱۸ درصد در کلاس کمپلکس S3/N (کلاس S3 غالب می‌باشد)، ۲۴ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد) و ۲۵ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد (جدول ۴). به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه و تغییرپذیری زیاد خاک (امینی[1] و همکاران، ۲۰۱۶) و عدم امکان تفکیک خاک‌های مختلف به ویژه در پشت شیب، به ناچار برخی از کلاس‌ها به صورت کمپلکس ارائه شده است.



شکل۳. درصد کلاس‌های مختلف تناسب اراضی برای کشت بادام

عمق کم، شیب زیاد و بافت رسی از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. درقسمت‌های محدودی نیز درصد بالای کربنات کلسیم و پی‌اچ بالا، محدودیت ایجاد کرده است. از نظر اقلیم شوری، کربن آلی و زهکشی هیچ گونه محدودیتی برای این محصول در منطقه وجود ندارد.

با توجه به عمق مناسب خاک در برخی اراضی شیب‌دار و امکان بهره‌برداری از آب سد آزاد، می‌توان با اجرای روش‌هایی چون تراس‌بندی و بانکت‌بندی، و رعایت اصول حفاظت خاک محدودیت شیب را کاهش داد. در این راستا، نقشه تناسب به صورت شکل شماره ۴ ارائه می‌گردد که وضعیت به مراتب بهتری را نسبت به وضعیت فعلی نشان می‌دهد. اصول حفاظت خاک شامل مجموعه‌ای از راهکارها و روش‌هایی است که هدف آن‌ها پیشگیری از فرسایش خاک، حفظ ساختار و باروری آن و مدیریت پایدار منابع طبیعی است. از مزایای این روش‌ها می‌توان به کاهش فرسایش خاک، افزایش تنوع کشت، آسان‌تر شدن کشت و کار، کاهش سرعت رواناب و مدیریت بهتر آب اشاره کرد بر اساس این اصول، با کاهش محدودیت‌های شیب در منطقه کوهستانی، حدود ۶۵۶ هکتار از کل اراضی مطالعه شده (۲۱ درصد) در کلاس S2 با محدودیت‌های متوسط قرار گرفته است که به‌طور تقریبی پنج درصد بیشتر از شرایط فعلی می‌باشد. این افزایش امکان کشت نشان‌دهنده ارزش بالای رعایت اصول حفاظت خاک و بهینه‌سازی مدیریت منابع آب و خاک در بهبود شرایط کشاورزی است و می‌تواند به‌طور مثبت بر تولید بادام و بهره‌وری از این اراضی اثر بگذارد.

[1] Amini

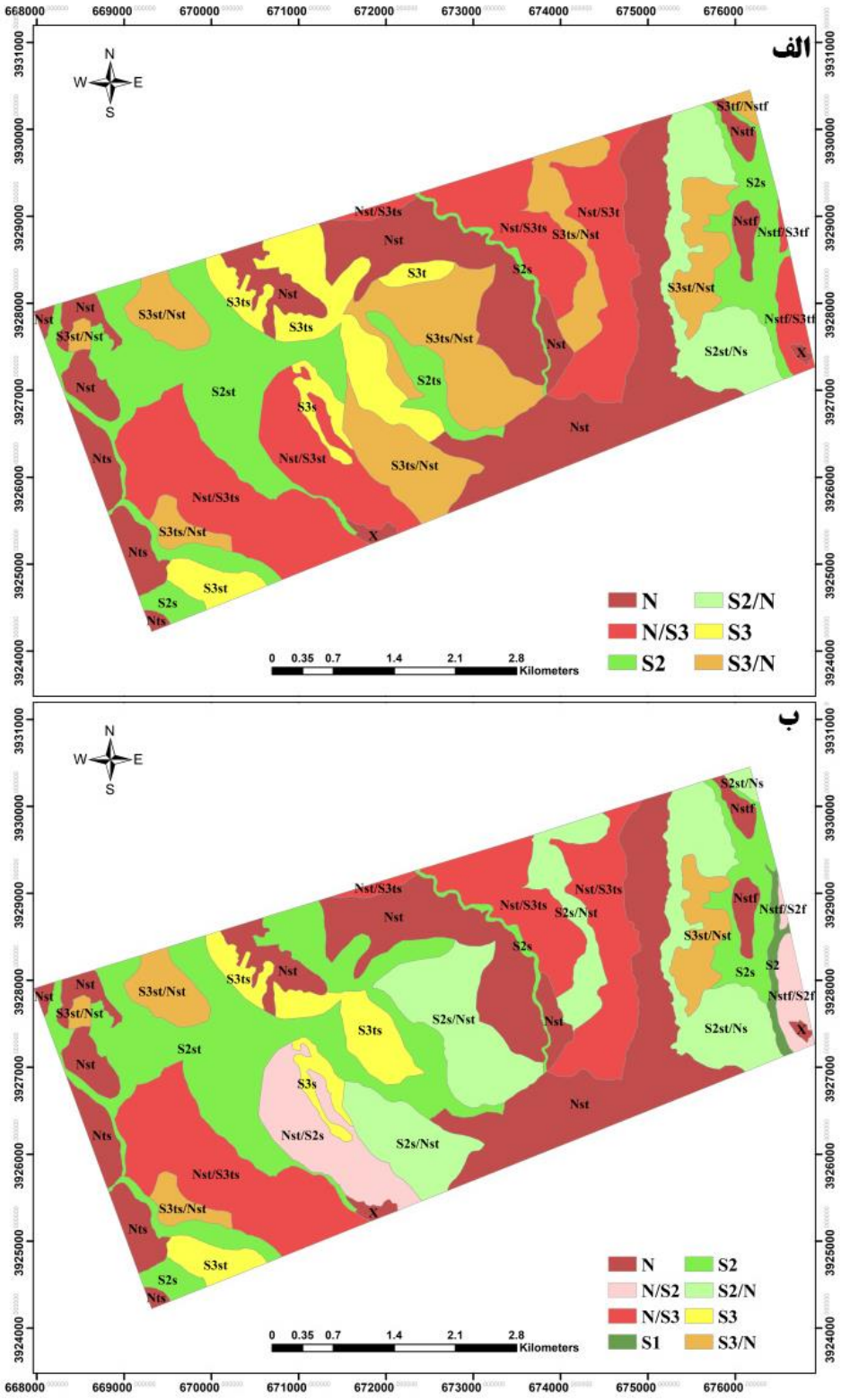
جدول ۴. مساحت و درصد اراضی به تفکیک کلاس‌ها و تحت کلاس‌های تناسب اراضی برای بادام در شرایط فعلی و با رعایت اصول حفاظت خاک

در شرایط فعلی						با رعایت اصول حفاظت خاک					
کلاس	مساحت	درصد	تحت کلاس	مساحت	درصد	کلاس	مساحت	درصد	تحت کلاس	مساحت	درصد
S2	۵۶۱/۴	۱۹	S2s	۱۴۵/۶۸	۴/۸۵	S2	۶۷۶/۹۱	۲۲/۳۱	S2s	۱۴۶/۲۸	۴/۸۶
			S2st	۳۶۷/۳۶	۱۲/۲۴				S2st	۵۳۰/۶۳	۱۷/۶۳
			S2ts	۴۸/۴۴	۱/۶۱						
S2/N	۱۷۲/۸۲	۶	S2st/Ns	۱۷۴/۰۹	۵/۸۰	S2/N	۵۴۱/۹۹	۱۸/۰۱	S2s/Nst	۵۳۱/۲۷	۱۱/۶۷
									S2st/Ns	۱۹۰/۷۲	۶/۳۴
S3	۲۵۳/۸۲	۸	S3s	۲۷/۷۴	۰/۹۲	S3	۱۷۱/۰۳	۵/۶۸	S3s	۲۸/۳۴	۰/۹۴
			S3st	۳۶/۴۲	۱/۲۱				S3st	۳۷/۰۱	۱/۲۳
			S3t	۱۶/۶۰	۰/۵۵				S3ts	۱۰۵/۶۸	۳/۵۱
			S3ts	۱۷۲/۵۶	۵/۷۵						
S3/N	۵۴۶/۹۶	۱۸	S3st/Nst	۱۳۲/۸۰	۴/۴۲	S3/N	۱۵۲/۶۶	۵/۰۷	S3st/Nst	۱۲۵/۳۵	۴/۱۶
			S3tf/Nstf	۷/۳۹	۰/۲۴				S3ts/Nst	۲۷/۳۱	۰/۹۱
			S3ts/Nst	۴۰۶/۸۵	۱۳/۵۶						
N	۷۵۰/۹۴	۲۵	Nst	۶۳۶/۹۷	۲۱/۲۳	N	۷۴۱/۰۷	۲۴/۶۲	Nst	۶۳۷/۲۸	۲۱/۱۷
			Nstf	۳۳/۶۸	۱/۱۲				Nstf	۳۴/۲۸	۱/۱۴
			Nts	۶۸/۹۲	۲/۲۹				Nts	۶۹/۵۱	۲/۳۱
N/S3	۷۱۴/۰۷	۲۴	Nst/S3st	۱۳۲/۸۴	۴/۴۲	N/S3	۵۴۵/۳۲	۱۸/۱۲	Nst/S3ts	۵۴۵/۳۲	۱۸/۱۲
			Nst/S3t	۱۶۰/۰۶	۵/۳۳						
			Nst/S3ts	۳۸۴/۹۶	۱۲/۸۳						
			Nstf/S3tf	۳۵/۷۰	۱/۱۹						
N/S2	...	...	...	...	...	N/S2	۱۶۹/۷۲	۵/۶۴	Nst/S2s	۱۳۳/۴۳	۴/۴۳
									Nstf/S2f	۳۶/۲۹	۱/۲۱
متفرقه	۱۰/۸۶	۰/۳۶	متفرقه	۱۰/۸۶	۰/۳۶	متفرقه	۱۰/۸۶	۰/۳۶	متفرقه	۱۰/۸۶	۰/۳۶

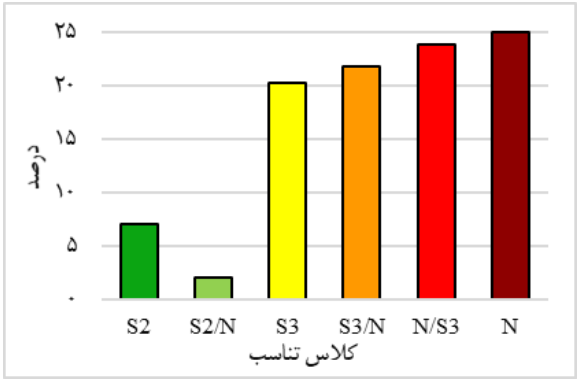
۳-۲. تناسب اراضی برای انگور

نمودار درصد کلاس‌های تناسب اراضی برای انگور در شکل ۵ ارائه شده است. نقشه طبقه‌بندی تناسب اراضی درخت انگور نیز در شکل ۶ آورده شده است. ۷/۰۶ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس S2 با محدودیت‌های جزئی قرار دارد. ۲۰/۲۴ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید، ۲۱/۷۱ درصد در کلاس کمپلکس S3/N (کلاس S3 غالب می‌باشد)، ۲۳/۷۹ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد)، ۲/۱۵ درصد در کلاس S2/N (کلاس S2 غالب می‌باشد) و ۲۳/۹۴ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد.

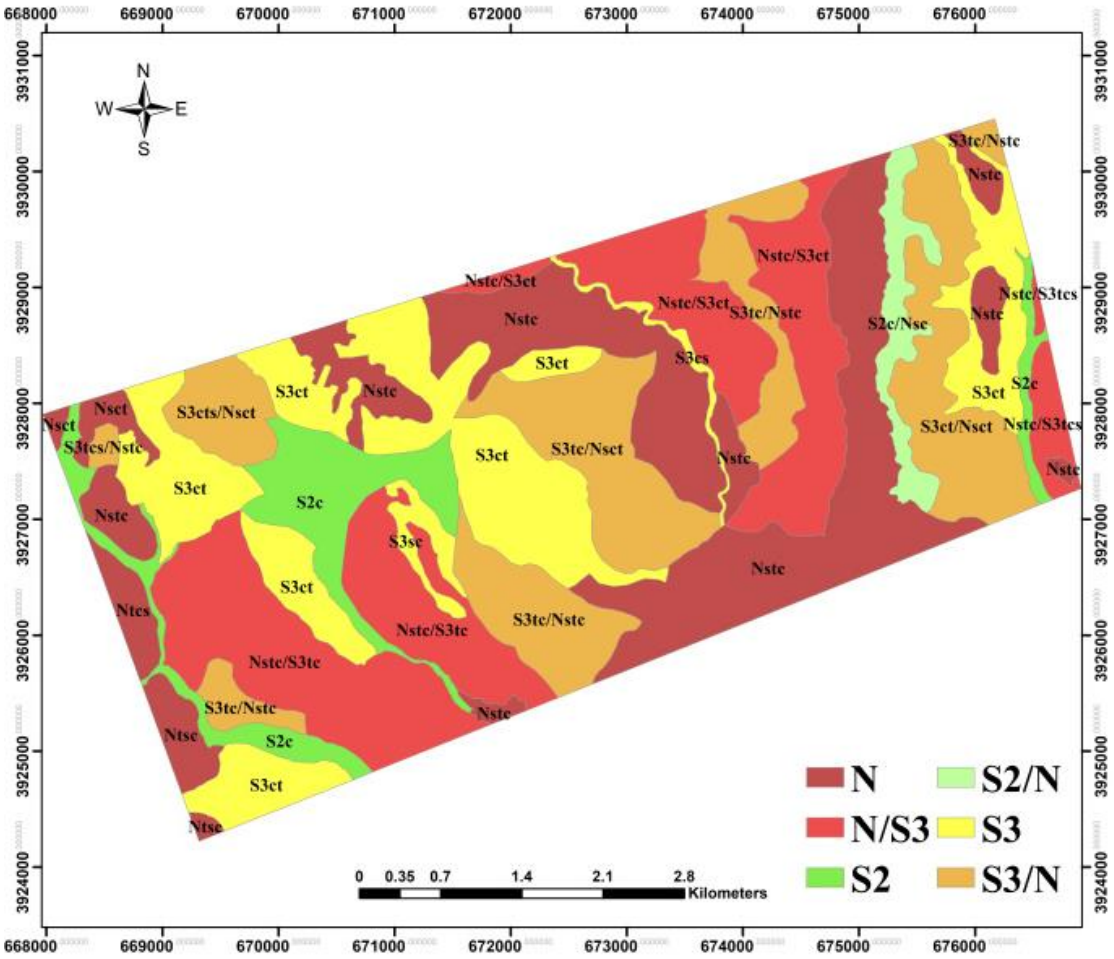
پایین بودن شاخص اقلیمی، عمق کم و شیب زیاد از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. شاخص اقلیم در منطقه مورد مطالعه برای انگور ۶۱/۲۱ برآورد گردید. مهمترین محدودیت اقلیمی منطقه برای انگور میانگین دما در دوره جوانه‌زنی، گلدهی، گرده افشانی و تشکیل میوه است که پایین‌تر از حد بهینه بوده و اصلاح آن غیر ممکن است. هیچ گونه محدودیتی از نظر شوری، قلیائیت، کربن آلی و زهکشی برای این محصول وجود ندارد.



شکل ۴. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت بادام در شرایط فعلی (الف) و در شرایط آتی (ب)



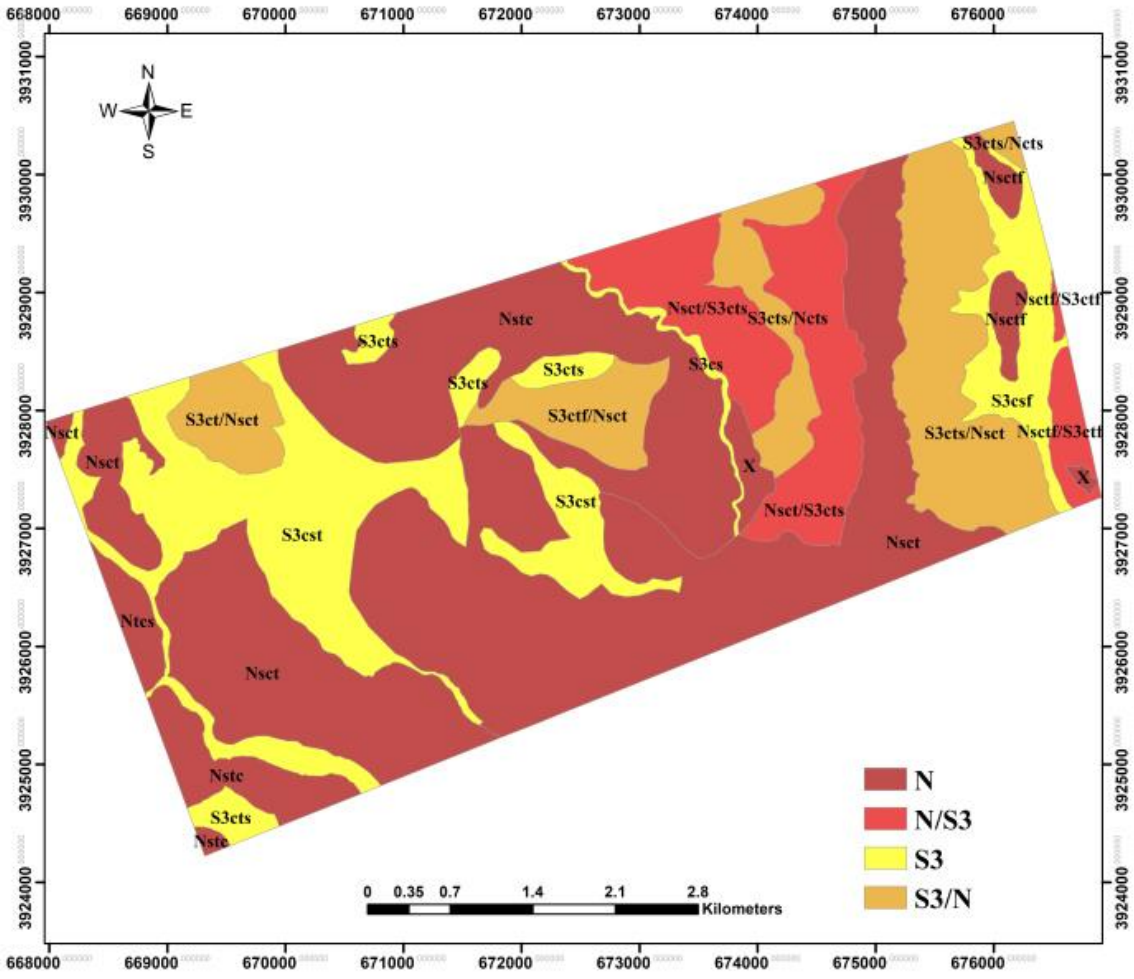
شکل۵. درصد مساحت کلاس‌های مختلف تناسب اراضی برای کشت انگور



شکل ۶. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت انگور در شرایط فعلی

۳-۳. تناسب اراضی سایر محصولات

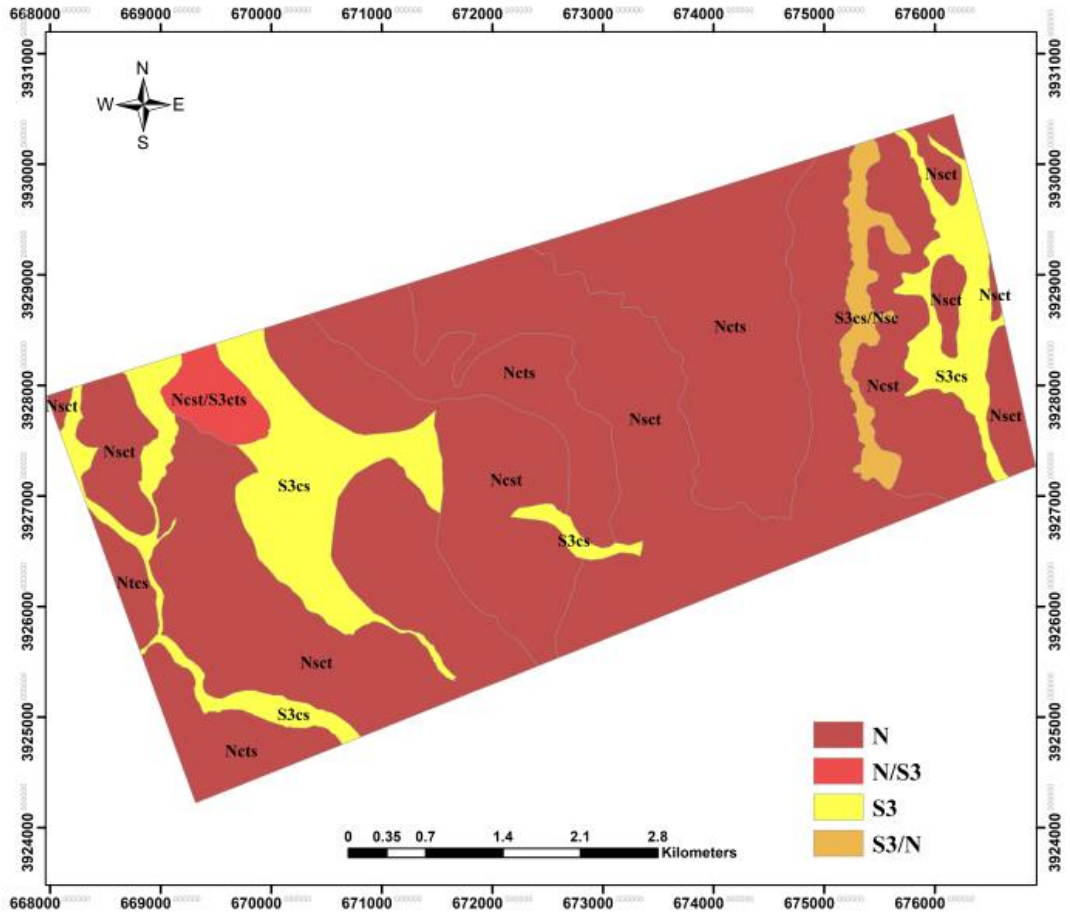
با توجه به حجم بالای نتایج به دست آمده، نتایج به‌دست آمده در مورد سایر محصولات مطالعه شده به‌طور خلاصه بیان می‌گردد. قسمت اعظم منطقه برای درخت گیلاس دارای محدودیت‌های شدید یا نامناسب می‌باشد (شکل ۷). ۲۰ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید قرار دارد. ۱۶ درصد در کلاس کمپلکس S3/N (کلاس S3 غالب می‌باشد)، ۲۰ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد) و ۴۴ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد. پایین بودن شاخص اقلیمی، عمق کم، شیب زیاد و بافت رسی از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. شاخص اقلیم در منطقه مورد مطالعه برای درخت گیلاس ۵۰/۹۸ برآورد گردید. مهمترین محدودیت اقلیمی منطقه برای گیلاس، میانگین حداقل دمای مرحله گلدهی است.



شکل ۷. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت گیلاس در شرایط فعلی

در مورد سیب نیز قسمت اعظم منطقه دارای محدودیت‌های شدید یا نامناسب می‌باشد (شکل ۸). ۱۴ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید قرار دارد. ۲ درصد در کلاس کمپلکس S3/N (کلاس S3 غالب می‌باشد)، ۲ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد) و ۸۲ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد. پایین بودن شاخص اقلیمی، عمق کم، شیب زیاد و کربنات کلسیم از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. شاخص اقلیم در منطقه مورد مطالعه برای درخت سیب

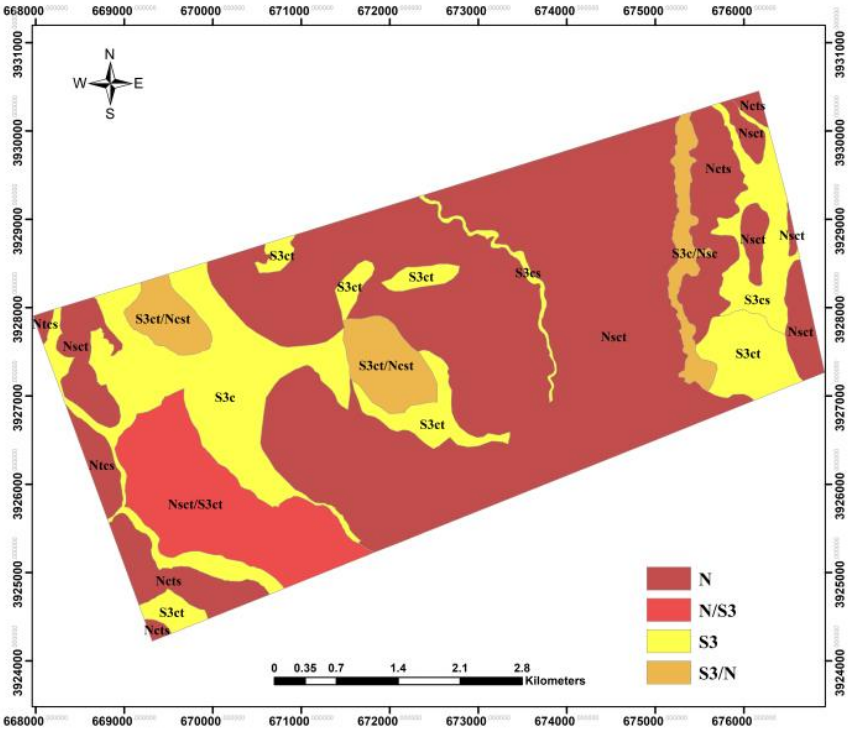
۳۸/۸ برآورد گردید. مهمترین محدودیت اقلیمی منطقه برای سیب، حداکثر دمای مطلق دوره رشد است. در مورد درخت گردو، ۲۲/۶ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید قرار دارد (شکل ۱۰). ۶/۳ درصد در کلاس کمپلکس S3/N (کلاس S3 غالب می‌باشد)، ۹/۱ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد) و ۶۱/۹ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد. پایین بودن شاخص اقلیمی، عمق کم، شیب زیاد در درجه اول و کربنات کلسیم در درجه دوم از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. شاخص اقلیم در منطقه مورد مطالعه برای درخت گردو ۳۹/۸ برآورد گردید.



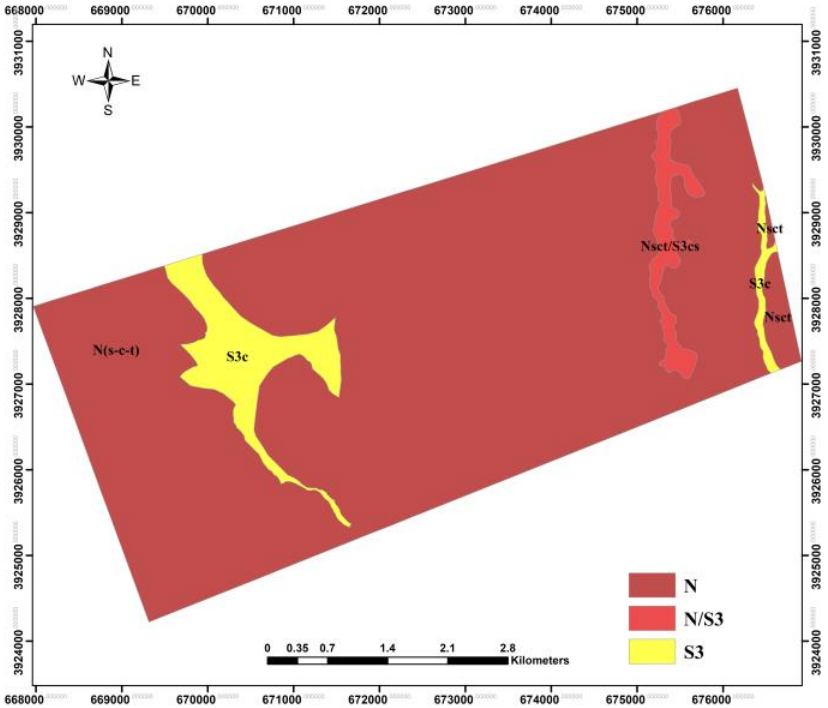
شکل ۸. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت سیب در شرایط فعلی

در نهایت در مورد درخت گلابی نیز ۶ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس S3 با محدودیت‌های شدید قرار دارد. ۲/۳ درصد در کلاس مخلوط N/S3 (کلاس N غالب می‌باشد) و بالغ بر ۹۱/۷ درصد در کلاس N (نامناسب) قرار دارد. پایین بودن شاخص اقلیمی، عمق کم و شیب زیاد در درجه اول و کربنات کلسیم در درجه دوم از عوامل اصلی تناسب پایین این محصول در منطقه می‌باشد. شاخص اقلیم در منطقه مورد مطالعه برای درخت گلابی ۳۳/۵۹ برآورد گردید. از بین محصولات مطالعه شده گلابی پایین‌ترین شاخص اقلیمی را به خود اختصاص داده است و همانطور که اشاره شد اصلاح و مدیریت محدودیت‌های اقلیمی تا حد زیادی غیرممکن می‌باشد.

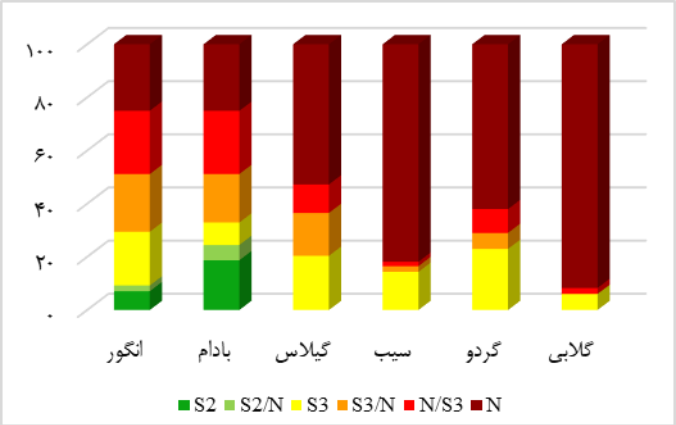
شکل شماره ۱۱ به‌طور خلاصه کلاس‌های تناسب محصولات مختلف را با هم مقایسه می‌کند. بر اساس این نمودار بادام بیشترین و گلابی کمترین درجه تناسب را به خود اختصاص داده است.



شکل۹. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت گردو در شرایط فعلی



شکل۱۰. کلاس‌های تناسب اراضی برای درخت گلابی در شرایط فعلی



شکل ۱۱. درصد کلاس‌های تناسب برای محصولات مختلف

۴. بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که نقشه خاک اساس مطالعات ارزیابی اراضی است، دقت و خلوص بالاتر نقشه می‌تواند دقت ارزیابی تناسب اراضی را افزایش دهد (موسوی[1] و همکاران، ۲۰۱۷). در این مطالعه، برای تهیه نقشه تناسب اراضی محصولات مختلف، از نقشه خاک به‌دست آمده از روش ژئوپدولوژی استفاده گردید. فرج نیا و یاراحمدی[2] (۲۰۱۵) با مقایسه نقشه‌های خاک به‌دست آمده از دو روش فیزیوگرافی و ژئوپدولوژی، نشان دادند که کارایی روش ژئوپدولوژی به‌طور قابل توجهی از روش فیزیوگرافی بیشتر است. در روش ژئوپدولوژی، خاک‌ها با دقت و جزئیات بالاتری تفکیک شده و مرزهای نقشه به واقعیت زمینی نزدیک‌تر است. علاوه بر این، به تعداد کمتری خاکرخ نیاز دارد و در نتیجه هزینه‌های کمتری را به همراه دارد. موسوی و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی تناسب اراضی برای آبیاری گندم در دشت قزوین، از رویکرد ژئوپدولوژی استفاده کردند و نشان دادند که ساختار سلسله مراتبی این رویکرد، قابلیت شناسایی واحدهای ژئومورفیک و توجیه رابطه بین واحدهای ژئوفرم و خاک‌های ایجاد شده بر روی آن را دارد. این پژوهش به‌منظور محاسبه شاخص اقلیمی از روش ریشه دوم استفاده شده است. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، در روش استوری به دلیل ضرب پی در پی اعداد کوچک‌تر از یک در همدیگر، شرایط نامناسب‌تر از واقعیت ارزیابی می‌شود (باقری بداغ‌آبادی و همکاران، ۲۰۲۰). ارتباط تنگاتنگی بین نوع محصول، دوره فنولوژی، ویژگی اقلیمی و موقعیت مکانی وجود دارد (سیدمحمدی[3] و همکاران، ۲۰۲۴). از بین محصولات مورد بررسی، بادام به‌دلیل بالاتر بودن شاخص اقلیمی، تناسب نسبتا بهتری دارد. شرایط اقلیمی منطقه برای کشت بادام مناسب‌تر از سایر محصولات است و می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مطلوب برای توسعه باغات در اراضی شیب‌دار در نظر گرفته شود. در مقابل، به دلیل محدودیت شدید و غیرقابل اصلاح اقلیمی، گلابی، گردو و سیب به عنوان گزینه‌های مناسب برای کشت در این منطقه پیشنهاد نمی‌شوند. نتایج مطالعات تناسب اراضی باغات در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که اقلیم یکی از مهمترین محدودیت‌های منطقه برای کشت انگور، گیلاس و پسته می‌باشد. از میان ۱۲ محصول باغی مورد بررسی، سیب بالاترین سطح سازگاری با شرایط محیطی را دارد. همچنین خصوصیات فیزیکی خاک به همراه شوری و قلیائیت به عنوان عوامل محدود کننده دیگر در این منطقه مطرح می‌باشند (وفابخش و همکاران، ۱۳۹۸).

همان‌طور که در جدول شماره ۴ آورده شده است، دما به عنوان مهم‌ترین و محدود کننده‌ترین ویژگی اقلیمی در کشت محصولات باغی منطقه می‌باشد. به این موضوع در مطالعات دیگری از جمله سیدمحمدی و همکاران (۲۰۲۴) نیز اشاره شده است. پایین بودن

1 Mousavi
2 Farajnia & Yarahmadi
3 Seyedmohammadi

شاخص اقلیمی به‌طور مستقیم بر رشد و کیفیت محصولات تاثیر منفی داشته و می‌تواند مشکلاتی از جمله کاهش عملکرد و افزایش آسیب‌پذیری به آفات و بیماری‌ها را در پی داشته باشد. یافته‌های یاراحمدی[1] و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که توسعه باغات پسته در اردبیل به دلیل عدم توجه به محدودیت رطوبت نسبی بالای هوا در مراحل مختلف گرده افشانی و تشکیل میوه، با چالش‌هایی روبرو شده است. مدیریت و اصلاح محدودیت‌های اقلیمی نیز تا حد بسیار زیادی غیرممکن می‌باشد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با تصور عدم محدودیت خاک و اراضی نیز کلاس تناسب نهایی بهتر از S2 نمی‌باشد. کیم و شیم[2] (۲۰۱۸) و بیین و همکاران (۲۰۲۲) نیز بر اهمیت عوامل آب و هوایی در تعیین تناسب اراضی برای کاشت سیب تأکید دارد.

از جمله محدودیت‌های اصلی دیگر این منطقه می‌توان به کوهستانی بودن، درصد بالای شیب و عمق کم خاک اشاره کرد. این عوامل به‌طور مستقیم بر روی قابلیت کشت و کیفیت محصولات تأثیر می‌گذارند. با توجه به شیب‌دار بودن منطقه (شکل ۱)، فاکتور شیب تاثیر زیادی در کاهش کلاس تناسب اراضی محصولات مورد بررسی داشته است. شیب با تاثیر بر زهکشی، آبیاری و فرسایش، یکی از مهمترین شاخص‌های تاثیرگذار بر تناسب اراضی است (وو[3] و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش میزان شیب با کاهش تکامل، عمق و حاصلخیزی خاک همراه است (آتالای[4]، ۲۰۰۶). انتخاب محصولات مناسب برای کشت در اراضی شیب‌دار می‌تواند تاثیر زیادی بر عملکرد و سودآوری باغات داشته باشد. به‌طور کلی توسعه باغات در اراضی شیب‌دار یکی از چالش‌های مهم در کشاورزی به شمار می‌رود که با تدابیر مناسب از جمله تراس‌بندی می‌توان این چالش‌ها را برطرف کرد. در اراضی شیب‌دار منطقه، در صورت وجود خاک عمیق، با رعایت اصول حفاظت خاک می‌توان بهره‌برداری مؤثرتری از این اراضی داشت و کلاس تناسب را بهبود بخشید.

عمق خاک نیز یکی از فاکتورهای موثر بر توسعه باغات منطقه می‌باشد. خاک‌های کم عمق عمدتا بر روی دامنه‌های شیب‌دار و یا قله[5] کوه‌ها و تپه‌های منطقه شناسایی گردید. عمق خاک مهمترین فاکتور تاثیرگذار بر روی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک می‌باشد. عمق خاک، میزان توسعه ریشه و همچنین میزان فراهمی آب، هوا و عناصر غذایی را برای گیاه تحت تاثیر قرار می‌دهد (آکینسی[6] و همکاران، ۲۰۱۳).

انتظار می‌رفت مناطقی که شیب کمتر و عمق بیشتری دارند از تناسب بالایی برخوردار باشند، که در این مناطق نیز وجود درصد بالای رس و کربنات کلسیم، تناسب محصولات را تا حدی کاهش داده است. بافت خاک یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که با تاثیر بر فراهمی عناصر غذایی، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک و رشد ریشه بر رشد گیاه تاثیرگذار است (چاکرابورتی[7] و همکاران، ۲۰۱۵).

در منطقه مورد مطالعه، از بین محدودیت‌های شناسایی شده، محدودیت‌های شیب و حاصلخیزی را می‌توان با اقدامات مدیریتی مناسب تا حدودی کاهش داد و تناسب اراضی را بهبود بخشید. پیشنهاد می‌گردد در صورت احداث باغ در مناطق مناسب، افزایش مواد آلی خاک و افزایش کودهای فسفره و نیتروژنه به صورت چالکود صورت گیرد. اسعدی اسکویی[8] و همکاران (۲۰۲۴)، حاصلخیزی را به عوان مهمترین عامل محدود کننده در توسعه باغات انجیر دیم در اراضی شیب‌دار معرفی کردند. در این پژوهش استفاده از کودهای آلی و حیوانی، انتخاب ارقام سازگار، احداث سامانه‌های استحصال باران و بسترسازی مناسب چاله‌های کاشت به عنوان مهم‌ترین اقدامات مدیریتی پیشنهادی مطرح شده است.

معصومی[9] و همکاران (۲۰۱۹) نیز از روش پارامتریک به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی برای کشت درختان بادام و گردو در بخش‌های

1 Yarahmadi
2 Kim & Shim
3 Wu
4 Atalay
5 Summit
6 Akinci
7 Chakraborty
8 Asadi oskouei
9 Masoumi

دیگری از اراضی پایاب سد آزاد استان کردستان استفاده کرده‌اند. نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که تناسب فعلی اراضی برای هر دو محصول به دلیل محدودیت‌های اقلیمی، عمق خاک، بافت و سنگریزه و گاهی آهک، عمدتا در کلاس‌های تناسب بحرانی (S3) تا نامناسب (N) قرار گرفته‌اند. آن‌ها اشاره کردند که ویژگی‌های اقلیمی و برخی از ویژگی‌های خاک (عمق و بافت) برای افزایش تناسب اراضی منطقه قابل اصلاح نیستند اما برخی محدودیت‌ها را می‌توان با کشت بر روی خطوط تراز، مدیریت تغذیه و استفاده از روش چالکود کاهش داد.

خسروی‌نژاد[1] و همکاران (۲۰۱۲) تاکید کردند که حتی با وجود شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی مشابه، به‌دلیل تغییرپذیری خاک، کلاس‌های تناسب متفاوتی به‌دست می‌آید. طبق گزارش‌های علی عبدلبا[2] و همکاران (۲۰۱۸)، یک واحد خاک برای انواع مختلف محصول‌ها درجات تناسب متفاوتی دارد. به همین دلیل، واحدهایی که برای یک محصول باغی مناسب نیستند، ممکن است برای سایر محصولات باغی یا زراعی مناسب باشند.

در مناطق کوهستانی، به‌دلیل تغییرپذیری خاک در فواصل کوتاه و عدم امکان تفکیک دقیق واحدهای خاک، اغلب واحدهای تناسب اراضی به صورت کمپلکس ارائه شده است. این مسئله می‌تواند چالش‌هایی را در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی بهینه کشاورزی ایجاد نماید. لذا، در فاز اجرایی پروژه‌های مرتبط، حضور یک متخصص باتجربه به منظور تفکیک محدوده‌هایی با پتانسیل کشت بالا و محدودیت‌های کمتر، به‌ویژه در داخل واحدهای کمپلکس، امری اجتناب ناپذیر است. با وجود قابلیت‌های روش ژئوپدولوژی در مقیاس نیمه‌تفصیلی، به دلیل ارائه واحدهای کمپلکس و به منظور حصول واحدهای مدیریت‌پذیر و همگن‌تر، پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های اجرایی و مطالعاتی، از مطالعات با مقیاس دقیق‌تر (۱:۲۵۰۰۰) یا رویکردهای مبتنی بر مدل‌سازی مکانی خاک–زمین‌نما، نظیر نقشه‌برداری رقومی خاک، بهره گرفته شود. این رویکرد امکان تولید نقشه‌های دقیق‌تری از ویژگی‌های خاک را فراهم آورده و در نتیجه، به مدیریت بهینه اراضی و افزایش بهره‌وری کمک می‌کند. به نظر می‌رسد، رویکرد اتخاذ شده در این پژوهش، به دلیل تغییرپذیری کمتر خاک و همگنی نسبی واحدهای خاک در دشت‌های کشور، از کارایی بالاتری برخوردار باشد. همچنین با توجه به تناسب پایین محصولات باغی، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری برای تعیین مکان‌های بهینه برای محصولات مختلف انجام شود و بهترین محصول معرفی گردد. نقشه‌های تناسب ارائه شده می‌تواند به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان اراضی و کشاورزان مورد استفاده قرار گیرد.

References

Akinci, H., Ozalp, A. Y., & Turgut, B. (2013) Agricultural land-use suitability analysis using GIS and AHP techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97(2), 71–82.

Ali Abdabaa, A. (2018). Characterization of Land Suitability for Crop and Fruit Production in Wadi Sakher at North West Coastal Zone of Egypt. *Alexandria Science Exchange Journal, 39 (4)* , 560-577. 10.21608/asejaiqjsae.2018.18689.

Amini, S., Gandomkar, A., & Bagheri Bodaghabadi, M. (2016). Ecological capability evaluation of Ghara-Ghach dam area to establish a tourism region. *Desert, 21 (2) ,* pp 193-204. 10.22059/jdesert.2016.60328.

Arbabi, H., Farbodi, M., & Nazari, N. (2013). Qualitative assessment of land suiatability in the Chenar of Kashan regionfor almond cultivation. *The Secomd National Conference on Planning and Environmental Protection.* https://civilica.com/doc/232295.

Asadi oskouei, E., Rahmani, A., Mousavi, S. R., Delsouz khaki, B. (2024). Feasibility study of developing rainfed fig orchards in sloping lands using global soil database (Case study: Abaraq dry lands, Kerman). *Research in Pomology*, 9(1), 2538-4376. 10.30466/RIP.2023.54449.1256. (In Persian)

Atalay, I., 2006. The effects of mountainous areas on biodiversity: a case study from the northern Anatolin Mountains and the Taurus Mountains, Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, 41, 17–26.

1 Khosravinejad
2 Ali Abdabaa

Bagheri Bodaghabadi, M., Jose, A., Martinez Casanovas, P., & Khalili Masihabadi, M. (2015). Assessment of the FAO traditional land evaluation methods, A case study: Iranian Land Classification Method. *Soil Use and Management, 31(3)*, 384-396. https://doi.org/10.1111/sum.12191.

Bagheri Bodaghabadi, M., Ebrahimi Meimand, F., Mehnatkesh, A., & Mousavi, S. A. (2020). Evaluation of land suitability for horticultural use, case study: Saman county, Charmahal and Bakhtiari province. *Journal of Geography and Environmental Planning, 31(77),* 53-72. 10.22108/gep.2020.119932.1224. (In Persian)

Beyene, G., Dechassa, N., Regasa, A., & Wogi, L. (2022). Land suitability assessment for apple (*Malus domestica*) production in sentele watershed in Hadiya zone, southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. https://doi.org/10.1155/2022/4436417.

Chakraborty, K. & Mistri, B. (2015). Importance of soil texture in the sustenance of Agriculture: a study in Burdwan −1 C.D. Block, West Bengal. *Eastern Geographer*, 1, 475–482.

Dang, K. B., Burkhard, B., Windhorst, W., & Müller, F. (2019). Application of a hybrid neural-fuzzy inference system for mapping crop suitability areas and predicting rice yields. *Environmental Modelling & Software, 114,* 166-180. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.015.

Elsheikh, R., Shariff, A. R. B. M., Amiri, F., Ahmad, N. B., Balasundram, S. K., & Soom, M. A. M. (2013). Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Computers and Electronics Agriculture; 93*, 98–110. https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.003.

Etedali, S., & Givi, J. (2013). Qualitative land suitability evaluation for Maize in Shahrekord area using FAO method and ALES program. *Journal of Water and Soil, 26(6), 1349-1359.* (In Persian)

Farajnia, A., & Yarahmadi, J. (2015). Assessment of Geopedology Method Efficiency in Soil Mapping and Its Comparison with Physiographic Method. *Quantitative Geomorphological Research*, 4 (2), 154-166.

Food and Agriculture Organization, (2007). Land evaluation towards a revised framework. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.

Khosravinejad, A., Zarinkafsh, M., Mostashari, M., & Soheilirad, Sh. (2012). Feasibility study of Vine cultivation and Vineyard development in the Bouinzahra region of Qazvin province. *First National Grape Festival of Qazvin Province-Takestan*, 279-288.

Kim, H., & Shim, K. (2018). Land suitability assessment for apple (Malus domestica) in the Republic of Korea using integrated soil and climate information, MLCM, and AHP. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11 (2), 139-144.

Maram, F., Zarafshani, K., Mirakzadeh, A. A., & Maleki, M. (2016). Assessment and ranking appropriate agriculture land: Kermanshah Township. *Geography and Environmental planning, 61 (1),* 131-146. 10.22108/gep.2016.21363. (In Persian)

Marbun, P., Nasution, Z., Hanum, H., & Karim, A. (2019). Evaluation of land suitability on arabica coffee plantation by parametric method in Lintongnihuta District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 260. doi:10.1088/1755-1315/260/1/012155.

Moravej, K., Alamdari, P., Delavar, M. A., & Fathi, M. (2017). Site Detection for planting of Chosen Agricultural and Horticultural Plants in Abyek Region, Qazvin Province. *Water and Soil Science. 27(3),* 93-105. (In Persian)

Masoumi, H., Fatehi, Sh, Fallahi, Sh., & Alavi, R. (2019). Qualitative Assessment of Land Suitability for Walnut and Almond Cultivation in Downstream Lands of the Azad Dam (Sanandaj County, Kurdistan Province). *6th International Conference on Applied Research in Agriculture Science*. Kharazmi university, Tehran.

Mousavi, S. R., Sarmadian, F., Alijani, Z., & Taati, A. (2017). Land suitability evaluation for irrigating wheat by Geopedological approach and Geographic Information System: A case study of Qazvin plain, Iran. *Eurasian Soil Science*, 6(3), 275-284. DOI: 10.18393/ejss.297251.

Nabiollahi, K., Kebonye, N. M., Molani, F., Tahari-Mehrjardi, M. H., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Shokati, H., & Scholten, T. (2024). Assessment of Land Suitability Potential Using Ensemble Approaches of Advanced Multi-Criteria Decision Models and Machine Learning for Wheat Cultivation. *Remote Senscing*. 16, 2566. https://doi.org/10.3390/ rs16142566.

Rahmani, M., Lotfata, A., Zebardast, E., Rastegar, S., Sanchez, T.W., Goharrizi, B.A., & Landi, S. (2022). Land Use Suitability Assessment for Economic Development at the Provincial Level: The Case Study of Yazd Province, Iran. *Sustain. Cities Soc*, 87, 104163.

Selmy, S. A. H., Jimenez-Ballesta, R., Kucher, D. E., Sayed, A. S. A., García-Navarro, F. J., Yang, Y., & Ibraheem A. H. & Yousif, I. B. H. (2024). Land Suitability Assessment and Crop Water Requirements for Twenty Selected Crops in an Arid Land Environment. Agronomy, 14, 2601. https:// doi.org/10.3390/agronomy14112601.

Seyedmohammadi, J., Delsouz Khaki, B., Ebrahimi Meymand, F., Mohammad Esmail, Z., Kharazmi, R., & Bagheri Bodaghabadi, M. (2024). Climatic suitability evaluation for Some Horticultural crops, a Case Study: Makou-Shout County, West Azerbaijan. *Journal of Range & Watershed Management*, 76 (4), 427-440. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2023.365519.1727. (In Persian)

Shahbazi, F., Jafarzadeh, A. A., Sarmadian, F., Neyshaboury, M. R., Oustan, Sh., Anaya-Romero, M., & De la Rosa, D. (2009). Suitability of wheat, maize, sugar beet and potato using microLEIS DSS software in Ahar area, North-West of Iran. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science, 5(1),* 45-52.

Sun, S., Wu, P., Wang, Y., & Zhao, X. (2015). Impact of changing cropping pattern on the regional agricultural water productivity. *The Journal of Agricultural Science, 153 (05*), 767-778. DOI:10.1017/S0021859614000938.

Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, J. (1991). Land evaluation, part II. Methods in land evaluation. International training center for post graduated soil scientists, Ghent University, Ghent, 247 p.

Toomanian, N., & Zenadini Meymand, A. (2022). Land assessment: The prerequisite to sustainable development. *Journal of land management (Soil and Water sci.)*, 10 (1), 37-59. (In Persian)

Vafabakhsh, J., Mohammadzadeh, A., Bazargan, k., & Navidi, M. N. (2019). Comparative Study of Cropping Pattern and Land Suitability of Major Horticultural and Field Crops in the Urmia Lake Basin. *Journal of Agroecology, 11(3),* 775-805. 10.22067/jag.v11i3.83152. (In Persian)

Van Wambeke, A., & Forbes, T. R., EDS. (1986). Guidelines for using Soil Taxonomy in the names of soil map units. Support Service. Technology Monograph No 10. US. Dep. Agric., Soil Conservation Setvice and Cornell University Agronomy Department.

Wu, W. G., Huang, J. K. & Deng, X. Z. (2009). Potential land for plantation of Jatropha curcas as feedstock for biodiesel in China, Science in China - Series D, *Earth Sciences*, 53 (1), 120–127.

Yarahmadi, J., Amini, A., & Rostamizad, Gh. (2023) Accuracy assessment of Pistachio climate suitability map based on ROC curve. *Environment and Water Engineering*, 9 (1), 127-140. DOI: 10.22034/JEWE.2021.262531.1486.

Zenadini Meymand, A., Eskandari, M., Navidi, M. N., & Seyedjalali, A., (2019). *Phenology of Horticultural Plants for Use in Land Suitability Assessment.* Karaj, Soil & water research institute.

Zenadini Meymand, A., Toomanian, N., Navidi, M., Farajnia, H., & Seyedjalali, A., (2019). *Requirements of Horticultural Plants.* Karaj, Soil & water research institute.

Zhang, Y., & Niu, W. (2016). Land use optimization for sustainable agricultural development in China. *Land Use Policy*, 58, 219-229. DOI: 10.1016/j.landusepol.2016.07.027.

Zia, H., et al. (2020). Impact of Climate Change on Crop Production and Suitable Crop Selection. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 28337-28346. DOI: 10.1007/s11356-020-09968-0.