



Agro Climatic Zoning to Quinoa Culture in Harzandat Plain of Marand, Iran, Using Analytic Hierarchy Process



ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Farajnia A.^{1*} PhD,
Chakherlou S.¹ PhD

How to cite this article

Farajnia A, Chakherlou S. Agro Climatic Zoning to Quinoa Culture in Harzandat Plain of Marand, Iran, Using Analytic Hierarchy Process. Geographical Researches. 2023;38 (1): 99-106.

ABSTRACT

Aims The continuation of the drought in East Azerbaijan requires that the water consumption in the agricultural sector be reduced by modifying the cultivation pattern and replacing the current crops with crops with low water requirements. The aim of this research was to investigate the feasibility of quinoa cultivation in Harzandat Marand plain by considering the agro-ecological needs of this product using the hierarchical analysis method.

Methodology This experimental field research was conducted in the crop year of 2021-2022 in the Zarandat plain of Marand. The characteristics of the soils of the region were collected from the soil studies report of Harzandat Marand Plain. In order to prepare spatial distribution maps and study spatial patterns, the data of the points collected from the soil were generalized to the regional level during the interpolation process. To determine the relative weight or importance coefficient, the selected criteria were compared using AHP model and hourly quantitative table. After adding the final weight of the criteria in ArcGIS software, the final maps were prepared based on the normalized final weight with the overlay model.

Findings About 3850 hectares (21%) of Harzandat plain lands for planting quinoa in relatively suitable class (S1), 4616 hectares (25%) of lands in Relatively suitable class (S2), 5581 hectares (30.3%) in critical suitability class (S3), 1539.5 hectares were in the unsuitable but correctable class (N1) and 2760.6 hectares were in the permanent unsuitable class (N2).

Conclusion Quinoa can be cultivated in more than 40% of Harzandat Marand plain lands. These lands are scattered in different parts of the plain. Most of the suitable lands are in the west of the plain and most of the unsuitable lands are concentrated in the center of the plain.

Keywords Suitability; Hierarchical Analysis; Quinoa; Harzandat Plain

CITATION LINKS

[Abdel Rahman M, et al; 2016] Assessment of land ...; [Boomabad Consulting Engineers; 2015] Report of semi-detailed ...; [Asimeh M, et al; 2019] Zoning of Quinoa susceptible ...; [Bagheri M; 2017] Quinoa cultivation ... ; [Belyani S, et al; 2016] A comprehensive guide ...; [Bown WM; 1993] AHP, multiple criteria ...; [Dehani R; 2015] Agricultural climate ... ;[Dengiz O, Usul M; 2018] Multi-criteria approach ...; [Everest T, et al; 2020] Determination of agricultural ...; [FAO; 2011] Quinoa: An ancient crop ...; [Farajnia A, et al; 2021] Applying the FAO ...; [Farajnia A, Moeavej K; 2018] Agroclimatic zoning ...; [Girmay G, et al; 2018] Land capability classification ...; [Gomez-Pando LR, et al; 2010] Effect of salt ...; [Lashkari H, KiKhosravi S; 2009] Locating suitable ...; [Halabian AH, Esmaili N; 2016] Evaluation of land ...; [Hosseini S, et al; 2019] The effect of ...; [IPCC; 2013] Climate change 2013 ...; [Jacobsen SE; 2003] The worldwide ...; [Jahanbakhsh S; 2018] Drought monitoring ...; [Jamali S, Ansari H; 2015] The effect of ...; [Kalate Arabi R, Kamali MA; 2021] Investigation of Quinoa ... [Kamali A, Owji AR; 2016] Agro-ecological ...; [Mamedi A, et al; 2016] Evalution of varios ...; [Marinoni O, Hoppe A; 2007] Using the analytical ...; [Naseri D, et al; 2016] Zoning of medicinal ...; [Pakzad M, Eslami R; 2017] Site selection ...; [Razzaghi F; 2011] Acclimatization and agronomic performance ...; [Ruffino AM, et al; 2010] The role of cotyledon metabolism ...; [Saadatfar A, et al; 2017] Determining the potential habitat ...; [Saaty RW; 1987] The analytic hierarchy process-what ...; [Salehi M, et al; 2018] Effect of sowing date on ...; [Seyed Jalali SA, et al; 2020] Investigation of the effect of soil ...; [Seyedmohamadi J, et al; 2022] Analyzing land limitations ...; [Sys C, et al; 1991] Land evaluation, part 1 ...; [Vidueiros SM, et al; 2015] Diversity and interrelationships ...; [Yazdchi S, et al; 2018] Assessment of Marand city's land capability ...;

¹East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran

*Correspondence

Address: East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran.
Postal Code: 5153715898
Phone: +98 (914) 3172440
Fax: +98 (41) 35280942
farajnia1966@yahoo.com

Article History

Received: December 20, 2022
Accepted: March 12, 2023
ePublished: April 4, 2023

پنهانه‌بندی آگرولوکلیمایی کشت کینوا در دشت هرزندات مرند با تحلیل سلسه مراتبی

اصغر فرج نیا*

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

ساغر چاهرو

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

چکیده

اهداف: ادامه روند خشکسالی و افت شدید سطح سفره‌های آب زیزمنی در استان آذربایجان شرقی ایجاد می‌کند که مصرف آب در بخش کشاورزی با اصلاح الگوی کشت کاهش یافته و محصولات با نیاز آبی کم جایگزین محصولات فعلی شود. هدف این پژوهش امکان‌سنجی کشت کینوا در دشت هرزندات مرند با درنظرگرفتن نیازهای آگرولوژیک این محصول با روش تحلیل سلسه مراتبی بود.

روشن شناسی: این پژوهش میدانی تجربی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در دشت هرزندات مرند انجام شد. خصوصیات خاک‌های منطقه از گزارش مطالعات خاک‌شناسی دشت هرزندات مرند گردآوری شد. به منظور تهیه نقشه‌های توزیع مکانی و مطالعه الگوهای مکانی، داده‌های نقطه‌ای جمع‌آوری شده از خاک طی فرایند درون‌بایی به سطح منطقه تعیین یافتند. برای تعیین وزن نسبی یا ضریب اهمیت، معیارهای انتخابی با استفاده از مدل AHP و جدول کمیتی ساعتی دوبه‌دو با هم مقایسه شدند. پس از ضمیمه نمودن وزن نهایی معیارها در نرم افزار ArcGIS، نقشه‌های نهایی بر اساس وزن نهایی نرمال شده با مدل همپوشانی (روی هم‌گذاری) تهیه شد.

پافته‌ها: حدود ۳۸۵۰ هکتار (۲۱٪ اراضی دشت هرزندات برای کاشت کینوا در کلاس کامل‌اً مناسب (S1)، ۴۶۱۶ هکتار (۲۵٪ اراضی در کلاس نسبتاً مناسب (S2) در ۵۵۸۱ هکتار (۳٪) در کلاس تناسب بحرانی (S3)، ۱۵۳۹/۵ هکتار در کلاس نامناسب اما قابل اصلاح (N1) و ۲۷۶۰/۶ هکتار در کلاس نامناسب دائمی (N2) قرار داشت.

نتیجه‌گیری: کینوا را در بیش از ۴۰٪ اراضی دشت هرزندات مرند می‌توان کشت نمود. این اراضی در قسمت‌های مختلف دشت پراکنده هستند. بیشترین اراضی مناسب در غرب دشت و بیشترین اراضی نامناسب در مرکز دشت منتمرکز است.

کلیدواژگان: تناسب اراضی، تحلیل سلسه مراتبی، کینوا، دشت هرزندات

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

نویسنده مسئول: farajnia1966@yahoo.com

مقدمه

فشار ناشی از افزایش جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه موجب ایجاد رقابت در اختصاص اراضی کشاورزی به سایر کاربری‌ها شده است [Everest *et al.*, 2020]. یکی از عوایق افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و صنعتی‌شدن جوامع، تغییر اقلیم ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. غلظت دی‌اکسید کربن از زمان قبل از صنعتی شدن، ۴۰٪ افزایش پیدا کرده و در آینده نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای ادامه خواهد داشت، به طوری که در قرن حاضر دمای جهانی $C^{\circ}/6$ افزایش یافته و بیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۱۰۰ به $C^{\circ}/8$ برسد؛ این پدیده با تغییر و تحول در پارامترهای اقلیمی مانند رطوبت، تبخیر و تعرق، مدت و شدت بارش‌ها و جابه‌جاکردن

فصل رشد عملکرد محصولات کشاورزی را طی زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد [IPCC, 2013]. پدیده تغییر اقلیم، متغیرهای اقلیمی به خصوص دما و بازندگی را در آینده نه چندان دور دستخوش تغییرات شدیدی خواهد نمود. بالارفتن دما و کاهش بازندگی تناسب اراضی را برای محصولاتی که سالیان دراز در یک منطقه کشت می‌شند را کاهش خواهد داد و کشاورزان مجبور خواهند شد به دنبال کاشت محصولات جدید در زمین‌های خود باشند یا آنها را رها کرده و به شهرها مهاجرت کنند.

برای جلوگیری از آسیب تغییرات آب و هوایی به بخش کشاورزی که می‌تواند امنیت غذایی را تهدید کند، باید تغییرات اساسی در کشاورزی مرسوم به وجود آورد تا این بخش بتواند با تغییرات اقلیمی سازگار شود [Bagheri, 2017]. برنامه‌ریزی برای تغییر تدریجی در الگوی کشت منطقه‌ای در راستای کاهش یا حذف محصولات با نیاز آبی بالا و جایگزین‌نمودن آنها با محصولات با نیاز آبی کم و متحمل به خشکی از گام‌های ضروری ضروری سازگاری با تاثیرات [Lashkari & Khosravi, 2009]. تحت تاثیر گرمایش زمین، پهنه‌های اقلیمی رایج (گرم و خشک، نیمه‌مرطوب، سرد و خشک و غیره) تغییر می‌یابند و به تدریج سهم سطح مناطق با اقلیم خشک افزایش و سهم مناطق نیمه‌مرطوب و مرطوب کاهش می‌یابد [Bagheri, 2017]. رسیدن به کشاورزی پایدار و امنیت غذایی از طریق استفاده کارآمد از منابع اراضی، تحقق اصولی و صحیح افزایش عملکرد در واحد سطح، ارزیابی قابلیت تناسب اراضی با رویکرد مکانی مبتنی بر تحلیل و بهینه‌سازی با مدیریت قوی و کارآمد میسر است بهینه‌سازی با مدیریت قوی و هوای ایران به سمت گرم و خشک و شورشدن تدریجی خاک‌های زراعی کشور از سویی و تحمل زیاد گیاه کینوا در مقابل خشکی، شوری و بی‌زدگی از سوی دیگر، بیانگر این است که از این گیاه می‌توان به عنوان گزینه مناسب به منظور بهینه‌کردن الگوی کشت در راستای مقابله با اثرات تغییر اقلیم استفاده کرد.

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) از خانواده اسفنجیان به عنوان منبع تولید دانه‌ای بسیار مغذی شناخته شده است [Vidueiros *et al.*, 2015]. اهمیت غذایی کینوا به دلیل ترکیب کامل اسیدآمینه، کلسیم، فسفر و آهن فراوان و سدیم بالا است. پروتئین کینوا از نظر کمی و کیفی بهتر از دانه گندم و جو است و دارای ۱۶ اسیدآمینه ضروری و غیرضروری است، همچنین تعادل اسیدآمینه مطلوبتری نسبت به غلات دارد. از مشخصه‌های بذر کینوا درصد بالای اسیدآمینه لیزین (۵۰/۱-۶/۴) است که حدود دو و نیم برابر لیزین گندم است [Kalate Arabi & Kamali, 2021]. کینوا با اقلیم سرد و خشک سازگاری دارد و در دماهای -۱ تا $5^{\circ}30^{\circ}$ C درجه می‌تواند را تحمل می‌کند. این گیاه به کم‌آبی مقاوم است و آب زیاد موجب ورس ساقه‌ها می‌شود. نیاز آبی گیاه کینوا به مناطق مختلف و میزان بازندگی و دمای هوا متغیر است اما گزارش شده است که این گیاه قادر است با بازندگی ۱۰۰-۲۰۰ میلی

101
[Dengiz & Usul, 2018] در استان بورسای ترکیه مناطق مستعد کشاورزی را با روش آگروکلوبزی فائز و مدل تحلیل سلسله مراتبی مطالعه و گزارش نمودند که ۱۵٪ اراضی در محدوده کاملاً مناسب و نسبتاً مناسب و ۸۵٪ آنها در محدوده تناسب بحرانی و نامناسب قرار گرفتند. گریموی و همکاران [Girmay et al., 2018] تناسب اراضی حوضه گاتنی اتیوبی را برای کاشت گندم، جو و لوبیا مطالعه کردند. ایشان گزارش نمودند که تنها ۷٪ اراضی برای کاشت گندم و جو کاملاً مناسب و برای لوبیا نسبتاً مناسب است. در یک پژوهش ارزیابی تناسب زمین به منظور کشت نیشکر در منطقه بیجور هند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و AHP، از ۱۰ فاکتور بارندگی، بافت، زهکشی، عمق خاک، شیب، فاصله از جاده، فاصله از شرکت‌های قند، خطر فرسایش، خطر سیلاب و اسیدیته استفاده شد. نتایج نشان داد که ۶۱٪ اراضی در کلاس بسیار مناسب، ۲۴٪ نسبتاً مناسب، ۷٪ بحرانی و ۸٪ اراضی در کلاس نامناسب قرار گرفتند [Kamali & Abdel Rahman et al., 2016]. عبدالرحمن و همکاران [Owji, 2016] برای ارزیابی تناسب منطقه چمارگان‌آگار هند از روش فائز استفاده نمودند. بدین منظور عوامل مختلف مانند بافت خاک، عمق، فرسایش، شیب، سیل‌گیری، سنگریزه و سنگ در واحدهای مختلف زمین برای محصولات زراعی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه استفاده نمودند. آسمیه و همکاران [Asimeh et al., 2019] تناسب اراضی استان فارس را برای کشت کینوا بررسی و گزارش نمودند که حدود ۱۰۲ هزار کیلومتر مربع از مساحت استان برای کاشت این محصول کاملاً مناسب، ۱۸۸ هزار کیلومتر مربع مناسب، ۱۷۹ هزار کیلومتر مربع تناسب متوسط و تنها ۵۰ هزار کیلومتر مربع برای کاشت کینوا دارای تناسب ضعیف هستند. دهانی [Dehani, 2016] امکان کاشت کینوا در استان سیستان و بلوچستان را مورد بررسی قرار داد. وزن هر کدام از معیارها را با استفاده از مدل AHP تعیین و نقشه نهایی با استفاده از منطق Fuzzy-AHP مورد همپوشانی قرار گرفت. حلیبان و اسماعیلی [Halabian & Esmaili, 2017] در تحقیقی پهنه‌بندی اقلیمی کشت کلزا با مدل فازی و AHP را انجام دادند. نتایج این پژوهش آشکار ساخت که قابلیت‌های منطقه مطالعاتی برای کشت کلزا به ۴ پهنه خیلی خوب، خوب، متوسط و ضعیف تقسیم می‌شود. فرجنیا و مروجی [Farajnia & Moravej, 2018] تناسب اراضی استان آذربایجان شرقی برای کاشت زعفران را مطالعه و گزارش نمودند که ۴۲٪ اراضی این استان برای کاشت زعفران در کلاس کاملاً مناسب و نسبتاً مناسب، ۱۴٪ دارای تناسب بحرانی و ۴۲٪ در کلاس نامناسب قرار دارند. محدودیت‌های شاخص این مناطق برای کشت زعفران ارتفاع، شیب و محدودیت‌های دمایی بودند. سعادت‌فر و همکاران [Saadatfar et al., 2017] روشگاه بالقوه گیاه دارویی آنگوزه با استفاده از AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه چتروک‌کرمان را مورد بررسی قرار داده و مناطق مستعد کشت این محصول را تعیین کردند. ناصری و همکاران

[Hosseini et al., 2021] متراً عملکرد قابل قبول تولید کند کینوا را در خاک‌هایی با طیف وسیعی از pH (۶ تا ۸/۵) می‌توان کاشت. بافت خاک مطلوب آن شن لومی تا لوم است. کینوا متحمل به شوری است و در اراضی فقیر و دارای محدودیت، به خوبی قابل کشت است، همچنین کینوا گیاه دارویی و بدون گلوتون است [Jamali & Ansari, 2015]. کینوا قادر است خشکی طولانی مدت و یخیندان‌های بزرگ را تحمل کند و تا ارتفاع ۳۹۲۲ متر از سطح دریا مشاهده شده است [Jacobsen, 2003]. کلات عربی و کمالی [Kalate Arabi & Kamali, 2021] مورد نیاز برای آبیاری تکمیلی کینوا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که علی‌رغم اینکه کینوا گیاهی متحمل به خشکی است اما عملکرد آن در شرایط خشکی کاهش می‌یابد که می‌توان با انجام آبیاری تکمیلی آن را جبران نمود. گزارش شده است عملکرد کینوا برخلاف گندم و جو تا شوری ۲۵ds/m حداقل ۰۵٪ کاهش می‌یابد [Salehi et al., 2011]: اما صالحی و همکاران [Razzaghi, 2011] ۲۰٪ گزارش کردند شوری ۲۵ds/m را تا کاهش می‌دهد. گیاه کینوا در مناطق با شوری بالا، دماهای خیلی پایین و دماهای خیلی بالا، قابلیت سازگاری مناسبی دارد. بر این اساس زراعت آن در زمین‌های شور و مناطق گرم و سرد ایران توصیه شده است [Mamedi et al., 2016]. گزارش شده است کینوا به دمای کمتر از منفی ۸ درجه سانتی‌گراد، خشکی و شوری متحمل است [Ruffino et al., 2010]. این گیاه دارای توانایی تنظیم پتانسیل آب برگ توسط تجمع یون‌های نمکی در بافت‌های خود بوده که گیاه را قادر به حفظ فشار تورزسانس سلولی و کاهش تعرق در شرایط شور می‌سازد [Gomez-pando et al., 2010].
مدل آگروکلوبزیکی فائز تعیین توان بالقوه و تخصیص کاربری‌های مناسب با توان سزمینی است که می‌تواند بین توان طبیعی محیط، نیاز جوامع، کاربری‌ها و فعالیت‌های انسان رابطه‌ای منطقی و سازگاری پایداری بوجود آورد. این روش از ابزارهای موثر برای مکانیابی در کشاورزی یا شناخت توانمندی‌های اراضی و اختصاص آنها به بهترین و سودآورترین بیهوده است [Farajnia et al., 2021].

عوامل موثر بر تناسب اراضی برای کاشت گیاهان متعدد هستند اما این عوامل دارای اهمیت یکسانی نیستند، لذا لازم است تا اهمیت نسبی معیارها مشخص شود. بدین منظور لازم است از روش‌های تحلیل چندمعیاره (MCDA) استفاده شود. روش‌های ارزیابی چندمعیاره مشتمل بر ارزش‌گذاری، امتیازدهی معیارها بر اساس اهمیت‌شان در تصمیم‌گیری است [Saaty, 1987]. برای دادن امتیاز یا وزن دهنی به معیارها روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این مدل مقایسه‌های بین معیارها را به صورت دوتابعی انجام و وزن‌های نسبتی را به عنوان خروجی در نظر می‌گیرد. روش مقایسه دوتابعی شامل سه مرحله اصلی ایجاد ساختار سلسله مراتبی، محاسبه وزن‌ها و سازگاری سیستم است [Sys et al., 2021].

به منظور تهیه نقشه‌های توزیع مکانی و مطالعه الگوهای مکانی، داده‌های نقطه‌ای جمع‌آوری شده از خاک طی فرآیند درون‌یابی به سطح منطقه تعیین یافتند. درون‌یابی مکانی فرآیندی است که در آن با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در نقاط معلوم، مقادیر این عوامل در نقاط مجهول تخمین زده می‌شوند [FAO, 2011]. داده‌ها با نرم‌افزار ArcCatalog آنالیز و لایه‌های تناسب تک‌معیارها (شبیب، بافت، سنگریزه، شوری و اسیدیته) تهیه شد. برای تعیین وزن نسبی یا ضریب اهمیت، معیارهای انتخابی با استفاده از مدل AHP و جدول کمیتی ساعتی دو به دو با هم مقایسه شدند (جدول ۱) [Belyani et al., 2016; Saaty, 1987; Marinoni & Hoppe, 2007].

جدول ۱) مقیاس چندکمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

شدت اهمیت	میزان اهمیت
۱	اهمیت و ارجحیت مساوی
۳	اهمیت و ارجحیت کمی بیشتر
۵	اهمیت و ارجحیت قوی
۷	اهمیت و ارجحیت خیلی قوی
۹	اهمیت و ارجحیت بی‌نهایت
۸، ۶، ۴، ۲	ارزش میانی
	ارزش‌های مقیاس معکوس
	اثر دوجانبه امتیازات

برای تعیین وزن معیارها، جداول وزن‌دهی بر اساس درخت سلسله مرتبی طراحی و به ۱۵ کارشناس خبره که در این زمینه دارای تجربه کاری و تحقیقاتی بودند، ارسال شد. وزن‌ها در محیط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد که به طور خودکار نسبت ناسازگاری مختلف و از طریق ضربهای متواالی ماتریس وزن‌ها در هر سلسله مرتب انجام می‌شود [Dengiz & Usul, 2018].

بردار مجموع وزن‌دار با ضرب کردن وزن در اولین معیار به اولین ستون ارایه مقایسه زوجی اصلی، محاسبه شد. سپس وزن معیار دوم در ستون دوم الی آخر و سرانجام مجموع این روش‌ها در ردیف‌ها ضرب شد (برای هریک از زیرمعیارها و گزینه‌ها نیز اینگونه عمل شد). برای محاسبه بردار ویژه (λ) ابتدا بردار مجموع وزنی که از ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار در دومین ستون، سومین معیار در سومین ستون ماتریس اصلی و الی آخر و سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها به دست می‌آید، محاسبه شد. در مرحله بعد بردار توافق از ضرب اعداد به دست آمده بر وزن معیارها حاصل شد. بردار مجموع وزنی برای تک‌معیارها به صورت ذیل محاسبه شد [Dengiz & Usul, 2018]:

$$CI = \frac{\lambda_{\max}}{n - 1} = \frac{0.315}{4} = 0.078 \rightarrow CR = \frac{CI}{R} = \frac{0.078}{1.51} = 0.05$$

با توجه به کمترین شاخص ناسازگاری از ۱/۰، قضاوت‌ها سازگار بودند (جدول ۲).

[Naseri et al., 2016] کشت گیاهان دارویی در منطقه ارسباران را با استفاده از GIS بررسی نمودند. بدین منظور پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوطه با استفاده از روش تحلیل سلسله مرتبی و روی‌هم گذاری WLC پهنه‌بندی انجام و مناطق مستعد کشت این محصول را شناسایی شد. پاکزاد و اسلامی [Pakzad & Eslami, 2017] اراضی مستعد توسعه کاشت گونه کهور ایرانی را با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مرتبی در استان کرمان مکانیابی نمودند. یزدچی و همکاران [Yazdchi et al., 2018] قابلیت مرند برای کاشت زعفران را مطالعه و گزارش نمودند که شهرستان مرند قابلیت کاشت و پرورش این محصول را دارد و اقلیم این شهرستان مانع برای تولید این محصول نیست.

هدف این پژوهش امکان‌سنجی کشت کینوا در دشت هرزندات مرند با درنظرگرفتن نیازهای اگراکولوژیک این محصول با روش تحلیل سلسله مرتبی بود.

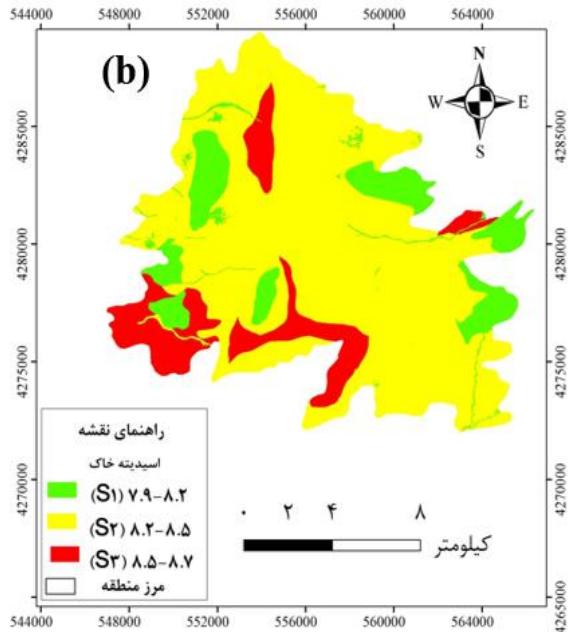
روش شناسی

این پژوهش میدانی تجربی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در دشت زندات مرند انجام شد. این دشت با مساحت بالغ بر ۱۸ هزار هکتار در حاشیه جنوبی کوه‌های اردوج در مرز شهرستان‌های جلفا و مرند در ۳۲°۰' ۴۵° تا ۴۶°۰' طول شرقی و ۳۸°۰' تا ۴۴°۰' عرض شمالی و در محدوده شهرستان مرند از توابع استان آذربایجان شرقی قرار دارد. فاصله آن تا شهرستان مرند حدود ۳۰ کیلومتر و تا تبریز حدود ۱۰۰ کیلومتر است (شکل ۱).



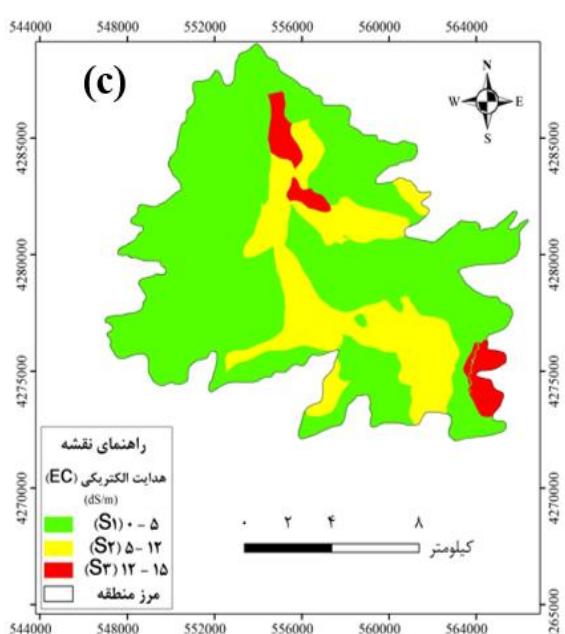
شکل ۱) نقشه منطقه مورد مطالعه

خصوصیات خاک‌های منطقه از گزارش مطالعات خاک‌شناسی دشت هرزندات مرند گردآوری شد [Boomabad Consulting Engineers, 2015]. کینوا در اواسط فروردین کاشت شده و در اوایل اردیبهشت تا اواسط خرداد جوانه می‌زند. گله‌ی این گیاه در نیمه دوم خرداد رخ می‌دهد و در اواسط شهریور به بلوغ رسیده و آماده بداشت در اوایل شهریور است.



ادامه شکل ۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس اسیدیته خاک (b)

میزان شوری خاک در قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه برای کاشت کینوا فاقد محدودیت و کمتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر بود اما در قسمت‌های مرکزی میزان شوری خاک تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر هم می‌رسید که به دلیل مقعری‌بودن منطقه املال در قسمت‌های پست تجمع یافته و باعث افزایش شوری خاک شده بودند (شکل c۲).



ادامه شکل ۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس هدایت الکتریکی خاک (c)

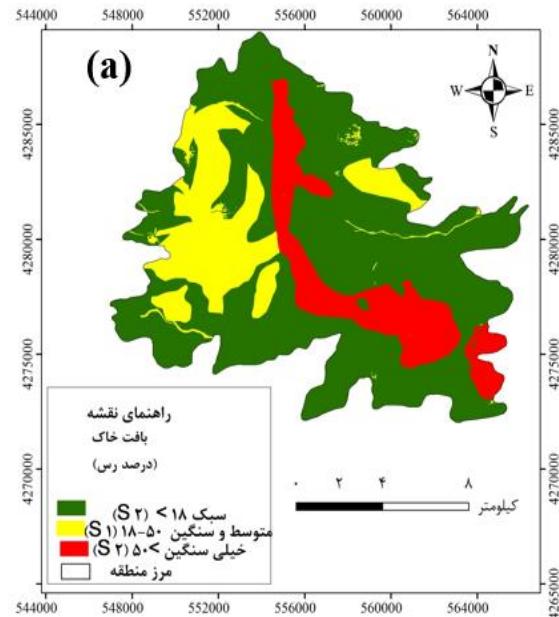
در شمال، غرب و جنوب منطقه میزان سنگریزه خاک سطحی از ۱۰ کمتر بود اما قسمت‌هایی از غرب و شرق منطقه از ۱۵٪ بیشتر بود و به ۴۰٪ نیز می‌رسید. قسمت‌هایی از شمال و مرکز دشت مقدار سنگریزه به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و تا ۱۰۰٪ نیز متغیر بود (شکل ۲).

معیار	وزن نهایی بردار ویژه (λ)
شیب خاک	$۰/۰۱ \times ۰/۳۲ = ۰/۸$ $۰/۳۲$
بافت خاک	$۰/۹۴ \times ۰/۲۲ = ۰/۲۱$ $۰/۲۲$
سنگریزه خاک	$۰/۲۴۸ \times ۰/۱۹ = ۰/۰۰$ $۰/۱۹$
شوری خاک	$۰/۱۴۳ \times ۰/۱۷ = ۰/۰۲$ $۰/۱۷$
اسیدیته خاک	$۰/۰۲ \times ۰/۱ = ۰/۰۰۲$ $۰/۱۰$

پس از ضمیمه‌نمودن وزن نهایی معیارها به جدول اطلاعات توصیفی در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه مربوطه در اوزان سطوح بالایی خود ضرب و نقشه‌های نهایی بر اساس وزن نهایی نرمال شده با مدل هم‌پوشانی (روی‌هم‌گذاری) تهیه شد. بر اساس میزان و شدت محدودیت‌های اراضی برای کاشت کینوا، مناطق مختلف منطقه در ۵ وضعیت کامل‌مناسب، نسبتاً مناسب، اراضی با تناسب بحرانی، اراضی نامناسب اما قابل اصلاح و اراضی نامناسب پهنه‌بندی شد.

یافته‌ها

بافت خاک غالب در مرکز، جنوب و جنوب شرق دشت، سبک و متوسط و در غرب دشت بافت خاک متوسط و سنگین بود؛ مرکز دشت عمدتاً دارای بافت خیلی سنگین با بیش از ۵۰٪ رس بود



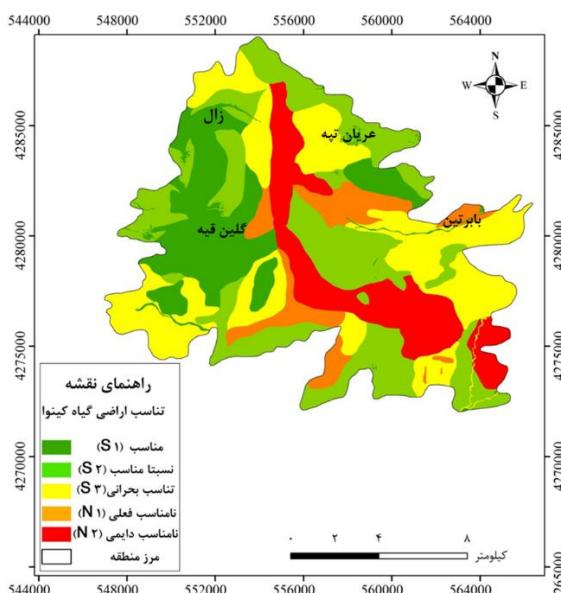
(a۲) شکل ۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس بافت خاک (a)

شکل ۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس بافت خاک (a)

میزان pH از ۷/۹ تا ۸/۲ در قسمت شمال غرب و تا حدودی در نواحی شرقی متغیر بود. در نواحی مرکزی که بیشترین مساحت را به خود اختصاص می‌دهد، این معیار از ۸/۰ تا ۸/۵ در تغییر بود. میزان اسیدیته در نواحی جنوب و جنوب غربی بین ۸/۰ تا ۸/۷٪ متغیر بود (شکل ۲).

می‌رسید که می‌توانست برای عملیات کشت و کار و حرکت ماشین آلات محدودیت زیادی ایجاد کند (شکل (d)).

دارای محدودیت کمی برای کاشت کینوا بودند، در قسمت‌های مختلف دشت پراکنده بوده و با مساحت حدود ۴۶۰ هکتار، %۲۵ منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شد (شکل ۳؛ جدول ۴).



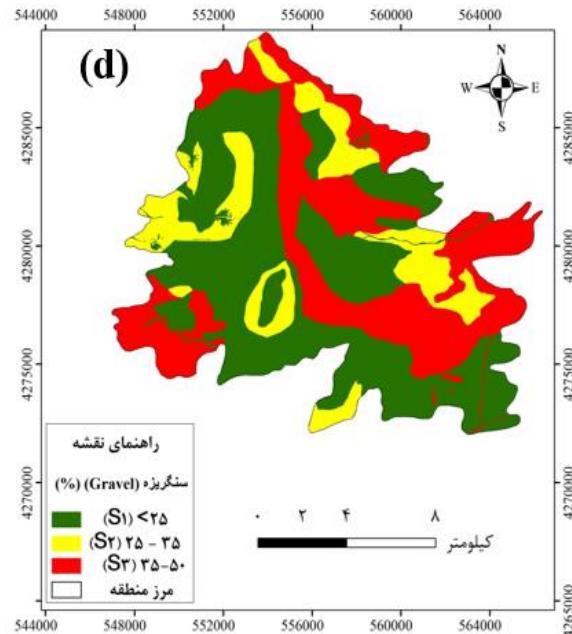
شکل (۳) پهنه‌بندی مناطق مستعد کاشت کینوا در دشت هرزندات مرند

جدول (۴) وضعیت کشت کینوا بر اساس مدل AHP در دشت هرزندات مرند

وضعیت تناسب	مساحت (هکتار) درصد (%)
مناسب	۲۰/۹۸
نسبتاً مناسب	۲۰/۱۰
تناسب بحرانی	۳۰/۴۲
نامناسب ولی قابل اصلاح	۸/۳۹
نامناسب دائمی	۱۰/۰۴
کل	۱۰۰
۳۸۰ / ۲۹	۴۷۱۶ / ۱۷
۰۰۸۱ / ۷۸	۱۰۳۹ / ۵۴
۲۷۶۰ / ۰۹	۱۸۳۴ / ۳۷

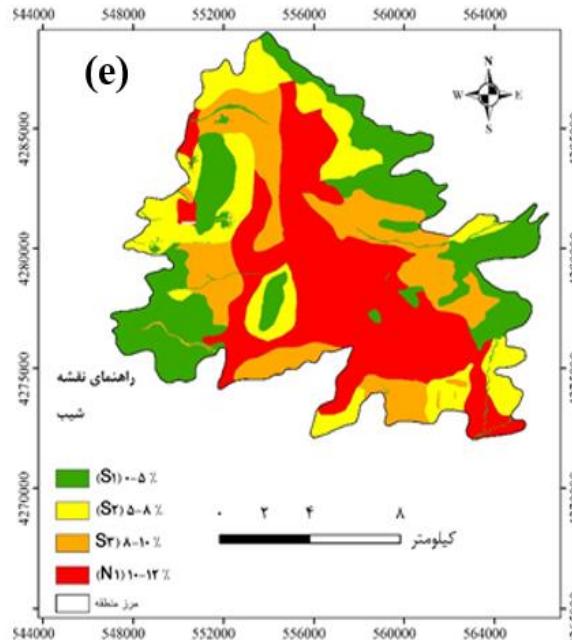
بحث

با استناد به گزارش مطالعات خاک‌شناسی دشت هرزندات مرند، مهمترین عوامل محدودکننده برای کاشت محصولات کشاورزی از جمله کینوا شیب زمین، pH , Ec , بافت خاک و میزان سنگریزه خاک سطحی است. نقشه تناسب نهایی نشان داد که ۳۸۰ هکتار از این اراضی برای کاشت کینوا فاقد هرگونه محدودیت بوده و حداقل عملکرد محصول قابل دسترس است؛ به عبارت دیگر بر اساس نیازهای رویشی محصول کینوا معیارهای انتخابی در این پژوهش در این بخش از اراضی در حد مطلوب برای کاشت آن است و اگر محدودیتی هم وجود دارد بسیار جزئی است. ۶۰ هکتار به دلیل محدودیت‌های ناشی از عوامل خاکی و شیب زمین دارای محدودیت کم است؛ این محدودیت‌ها در برخی موارض به شیب زمین، Ec و سنگریزه سطحی مربوط می‌شود و با صرف هزینه معقول قابل رفع هستند اما محدودیت‌های ناشی از pH و بافت خاک به راحتی قابل اصلاح نیستند و لازم است با اعمال مدیریت زراعی تعدیل شوند اما در هر صورت کاشت کینوا در این اراضی نیز دارای سودآوری و توجیه



ادامه شکل (۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس وجود سنگریزه (d)

بخش‌های مرکزی دشت بدون شیب و در برخی موارض دارای شیب کمی بود، اما هرچه در جهت شمال، شرق و غرب منطقه حرکت کردیم شیب زمین افزایش یافت (شکل (e)).



ادامه شکل (۲) نقشه تناسب اراضی برای کاشت کینوا بر اساس شیب (e)

قسمت اعظم اراضی کاملاً مناسب در غرب منطقه و در اراضی اطراف گلین‌قیه و زال و بخش کوچکی در شرق اراضی و در جنوب روستای عربان تپه تمرکز یافته‌اند. این اراضی با مساحت ۳۸۰ هکتار حدود %۲۱ منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شد. اراضی نسبتاً مناسب که

- Boomabad Consulting Engineers (2015). Report of semi-detailed studies of soil and land classification. [Persian] Link: <http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18750671>
- Asimeh M, Karmi A, Salehi A (2019). Zoning of Quinoa susceptible areas based on soil characteristics (Case study: Fars province). The first conference on low irrigation and unconventional water use in agriculture in dry areas [2019 Feb 18-19]. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. [Persian]
- Bagheri M (2017). Quinoa cultivation manual. Karaj: Seed and Plant Improvement Institute. [Persian]
- Belyani S, Fazelnia G, Hakindoost SY (2016). A comprehensive guide to GIS application modes in urban, rural and environmental planning. Tehran: Azadpeyma. [Persian]
- Bown WM (1993). AHP, multiple criteria evaluation in klosterman, spreadsheet models for urban and regional analysis. New Brunswick: Center for Urban Policy Research.
- Dehani R (2015). Agricultural climate potential of Quinoa cultivation in Sistan and Baluchistan province [Dissertation]. Tehran: Kharazmi University. [Persian]
- Dengiz O, Usul M (2018). Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. Eurasian Journal Soil Science. 7(1):20-29.
- Everest T, Sungur A, Özcan H (2020). Determination of agricultural land suitability with a multiple-criteria decision-making method in Northwestern Turkey. International Journal of Environmental Science Technology. 18(5):1073-1088.
- FAO (2011). Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. Santiago: International Year of Quinoa 2013.
- Farajnia A, Moeavej K, Alamdar P, Eslahi M (2021). Applying the FAO Agro-ecological model to locate areas prone to pistachio cultivation in East Azarbaijan province. Journal of Water and Soil. 35(79):703-717. [Persian]
- Farajnia A, Moeavej K (2018). Agroclimatic zoning of saffron cultivation in East Azarbaijan province. Saffron Research Journal. 7(2):103-119. [Persian]
- Girmay G, Sebnie W, Reda R (2018). Land capability classification and suitability assessment for selected crops in Gateno watershed, Ethiopia. Cogent Food and Agriculture. 4(1):1532863.
- Gomez-Pando LR, Iavarez-Castro R, Eguiluz-de la Barra A (2010). Effect of salt stress on Peruvian germplasm of chenopodium Quinoa willd: A promising crop. Journal of Agronomy and Crop science. 196(5):391-396.
- Lashkari H, KiKhosravi S (2009). Locating suitable places for pistachio cultivation in Sabzevar city using geographic information system (GIS) method with (Boolean, ratio and pairwise comparison) models. Geography and Planning. 14(27):95-140. [Persian]
- Halabian AH, Esmaili N (2016). Evaluation of land suitability based on climatic elements for rapeseed cultivation with the help of fuzzy model and AHP in Kurdistan province. Environmental Science and Technology. 19(4):133-150. [Persian]
- Hosseini S, Jalilian J, Gholinejad A (2021). The effect of ascorbic acid, salicylic acid and complete micro-nano fertilizer on the yield and yield components of Quinoa seeds under water stress conditions. Journal of Crops Improvement. 23(3):361-349. [Persian]
- IPCC [Internet]. Climate change 2013: The physical science basis (2013). Geneva: Intergovernmental Panel

اقتصادی است. هکتار از اراضی مورد مطالعه در کلاس تناسب بحرانی یا کلاس مناسب اما با سودآوری کم قرار گرفتند. با توجه به میزان و تعداد محدودیتهای اراضی این کلاس توصیه می‌شود به دلیل درآمد کم از کاشت کینوا در این اراضی اجتناب شود، الباقی اراضی که با محدودیتهای متعدد و شدید در کلاس نامناسب قرار گرفتند. این نتایج با نتایج محققین بسیاری همخوانی دارد که گزارش نمودند با توجه به سودآوری مناسب، می‌توان اراضی کاملً مناسب و نسبتاً مناسب را برای کاربری مورد نظر اختصاص داد اما اراضی با تناسب بحرانی نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد [Seyed

Jalali et al., 2020; Farajnia et al., 2021]

از سال ۱۳۸۵ به دفعات خشکسالی در نقاط مختلف استان به وقوع پیوسته و افت محصولات کشاورزی تا %۳۵ را سبب شده است. پس روی دریاچه ارومیه یکی از آثار خشکسالی‌های اخیر است که تاثیر نامطلوبی بر کمیت و کیفیت آبهای زیرزمینی گذاشته است [Jahanbakhsh, 2018]. توصیه می‌شود بهمنظور کاهش اثرات تغییر اقلیم به دلیل نیاز آبی کم کینوا و متحمل‌بودن آن به گرما از این محصول در تناب زراعی منطقه استفاده شود. لازم است تحقیقات مدونی در رابطه با معروفی ارقام مناسب کینوا برای کشت آبی و دیم، نیاز آبی و نیاز کودی آن صورت گیرد. در این صورت می‌توان انتظار داشت با استفاده از این محصول در تناب زراعی به خصوص در اراضی دیم گام موثری در تامین امنیت غذایی و افزایش درآمد زارعین و همچنین صرفه‌جویی در مصرف آب برداشت.

نتیجه‌گیری

کینوا را در بیش از ۴۰٪ اراضی دشت هرزندات مرند می‌توان کشت نمود. این اراضی در قسمت‌های مختلف دشت پراکنده هستند. بیشترین اراضی مناسب در غرب دشت و بیشترین اراضی نامناسب در مرکز دشت متمرکز است که از شوری زیاد و بافت سنگین رنج می‌برد اما با توجه به عبور یک رودخانه فصلی از مرکز دشت می‌توان با انجام آبشویی و زهکشی این محدودیت را رفع یا تعدیل نمود.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسنده‌گان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسنده‌گان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسنده‌گان گزارش نشده است.

سههم نویسنده‌گان: اصغر فرج‌نیا (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده مقدمه/روشنناس/تحلیلگر داده (%۵۰)؛ ساغر چاخلو (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث/تحلیلگر داده (%۵۰)

منابع مالی: موردی از سوی نویسنده‌گان گزارش نشده است.

منابع

- Abdel Rahman M, Natarajan E, Hegde R (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 19(1):125-141.

- soil-related abiotic stresses [Dissertation]. Foulum: AARHUS University.
- Ruffino AM, Rosa C, Hilal M, Gonzalez M, Prado FE (2010). The role of cotyledon metabolism in the establishment of Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) seedlings growing under salinity. *Plant and soil*. 326:213-224.
 - Saadatfar A, Tuslian A, Jafari S (2017). Determining the potential habitat of Anghuzeh medicinal plant using hierarchical analysis and geographic information system (Case study: Chatroud region of Kerman). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 9(4):139-155. [Persian]
 - Saaty RW (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*. 9(3-5):161-176.
 - Salehi M, Soltani V, Dehghani F (2018). Effect of sowing date on phenologic stages and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under saline condition. *Environmental Stresses in Crop Science*. 12(3):923-932. [Persian]
 - Seyed Jalali SA, Dehghan R, Azadi A, Zaeinaldini Mimand A, Navidi M, Mohammad Esmaeil Z (2020). Investigation of the effect of soil factors on sugarcane growth in sugarcane cultivated lands in Khuzestan and Mazandaran provinces. *Iranian Journal of Soil Research*. 34(3):335-357. [Persian]
 - Seyedmohamadi J, Navidi N, Seyedjalali A, Farajnia A, Fatehi Sh (2022). Analyzing land limitations and determining their degree of suitability for cereals cultivation in the Iran's irrigated plains. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 53(9):1957-1978. [Persian]
 - Sys C, Vanrast E, Debavey J (1991). Land evaluation, part 1: Principles in land evaluation and crop production calculation. Brussels: General administration for development cooperation.
 - Vidueiros SM, Curti RN, Dyner LM, Binaghi MJ, Peterson G, Bertero HD, et al (2015). Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium Quinoa* willd.) from Northwest Argentina. *Journal of Cereal Science*. 62: 87-93.
 - Yazdchi S, Rasouli AA, Mahmoudzadeh H, Zarinbal M (2018). Assessment of Marand city's land capability for saffron cultivation based on multi-criteria decision-making methods. *Water and Soil Science*. 20(3):151-170.
 - on Climate Change [Cited 2022, 17 November]. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
 - Jacobsen SE (2003). The worldwide potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*. 19(1-2):167-177.
 - Jahanbakhsh S [Internet]. Drought monitoring and forecasting and its effects on the agricultural sector of East Azarbaijan Province, Vice President of Development (2018). Tabriz: Management and Humanity of East Azarbaijan Governorate [Cited 2020, 5 September]. Available from: <https://b2n.ir/a90476> [Persian]
 - Jamali S, Ansari H (2015). The effect of water quality and irrigation management on the growth and yield of Quinoa plant. *Journal of Water Research in Agriculture*. 33(3):339-351. [Persian]
 - Kalate Arabi R, Kamali MA (2021). Investigation of Quinoa cultivation conditions in Iran. 17th Soil Science Congress and 4th Farm Water Management Conference (2021 Oct 18-20). Karaj: Soil and Water Research Institute. [Persian]
 - Kamali A, Owji AR (2016). Agro-ecological requirements for growing pistachio trees: A Literature. *Elixir Agriculture* 96(2016):41450-41454.
 - Mamedi A, Tavakkol Afshari R, Sepahvand NA, Oweyse M (2016). Evalution of varios tempertures on Quinoa plant seeds under salinity stress. *Iranian Journal of Filed Crop Science*. 46(4):583-590. [Persian]
 - Marinoni O, Hoppe A (2007). Using the analytical hierarchy process to support sustainable use of georesources in metropolitan areas. *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 15(2):154-164.
 - Naseri D, Hedayat S, Shenvai S (2016). Zoning of medicinal plant cultivation in Arsbaran region using GIS. The First National Conference on Protection and Protection of Arsbaran Forest (2017 Sep 5). Tabriz: East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. [Persian]
 - Pakzad M, Eslami R (2017). Site selection of suitable land for plantation development of *Prosopis cineraria* species using GIS (Case study: Rahmatabad watershed, Kerman province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 8(2):48-61. [Persian]
 - Razzaghi F (2011). Acclimatization and agronomic performance of quinoa exposed to salinity, drought and