Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Feasibility of aerobic rice cropping development in Golestan province (Case study: Aq-Qala County)

Hossein Kazemi[1]*, Mehdi Zakerinia[2]

[1] Associate Professor, Department of Agronomy, College of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: hossein_k_p@yahoo.com
[2] Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Water and Soil, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mzakerinia@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/07/31
Revised: 2021/11/05
Accepted: 2022/01/10

Keywords:
Aerobic rice
GIS
Golestan province
Water resources

ABSTRACT

Background and objectives: Golestan province is one of region exposed to drought in the country. For this reason, it was banned the cultivation of rice in Golestan province. On the other hand, in recent years, the tendency to cultivate rice has increased due to the higher economic benefits of this crop compared to other crops such as soybeans in this province. It seems that the first step to develop aerobic field rice cultivation is to assess the environmental variables and land potential with agro-ecological requirements of this type of cultivation system. Therefore, changing the method of rice cultivation from lowland to aerobic system can be considered in maintaining the stability of rice production in Golestan. Considering of limitation of water resources in country especially in Golestan province, nowadays introduce a new agricultural system with low water consumption is very important. One of these systems is aerobic rice cropping. The aim of this study was to assess the land use suitability of a part of Golestan province (Aq-Qala County) for aerobic rice cropping development, using environmental variables assessment and spatial analysis in 2019.

Materials and methods: This research was conducted in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 2018.First, the agroecological requirements of an aerobic rice system determined using scientific sources and referring to pattern fields. Then, thematic maps of climate, topography, soil and water resources were provided in ArcGIS media. These thematic maps were percentage of slope, altitude, soil texture, organic matter, soil EC, soil pH, annual rainfall, sudden rainfall at planting time (June and July), average annual temperature, maximum annual temperature, minimum annual temperature, total sundial, relative humidity, proximity to river, pH of surface water resources, SAR of surface water resources, Surface water status, Groundwater temperature, Groundwater SAR rate, pH of groundwater resources, EC of groundwater resources and groundwater resources status in ArcGIS Software Version 10.3. In continue, all layers overlaid based on Simple Limitation Method (SLM) and Boolean Logic. Finally, map of feasibility of aerobic rice cropping development for croplands of Aq-Qala County as a pilot region provided and classified.

Results: Feasibility results showed that only lands of south in Aq-Qala county had the suitable degree for aerobic rice cropping development (21,003.63 ha). According to suitable map of land use, land capability

degree was reduced from south to north of county. The marginally class (S3) had the highest area than other classes (36,965.61 ha). Results of fitness of Aq-Qala croplands with agroecological requirements of an aerobic rice system showed that about 26.73 percent of region was unsuitable for performance of this system. This region was located in the north of county, from west to east and found in Atrak watershed. Also, results of land use suitability according to Boolean Logic showed that 5.3 percent of region was suitable for aerobic rice cropping development, but 94.62 percent of croplands had the unsuitable degree (NS).

Conclusion: Generally, limitation variables of NS zone based on both of applied models were involved annual rain <300 mm, soil EC>7 dS/m, low amount of organic matter, high EC of surface water resources, unsuitable status of surface and ground water resources, SAR <12 of water resources and unsuitable pH.

Cite this article: Kazemi, H., Zakerinia, M. 2022. Feasibility of aerobic rice cropping development in Golestan province (Case study: Aq-Qala County). *Crop Production*, 15 (1), 141-162.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJCP.2022.19367.2444
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۳-۲۰۰۸
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

امکان‌سنجی توسعه کشت برنج هوازی در استان گلستان (مطالعه موردی: شهرستان آق‌قلا)

حسین کاظمی[1*]، مهدی ذاکری‌نیا[2]

۱.دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: hossein_k_p@yahoo.com
۲.دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mzakerinia@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰

واژه‌های کلیدی:
استان گلستان
برنج هوازی
منابع آبی
GIS

چکیده

سابقه و هدف: استان گلستان یکی از استان‌های در معرض خشک‌سالی است. به همین دلیل، چند سال اخیر کشت برنج در استان گلستان ممنوع اعلام شده است. از سوی دیگر، در سال‌های اخیر تمایل به کشت برنج به‌دلیل مزیت اقتصادی بیشتر این محصول نسبت سایر محصولات رقیب از جمله سویا، در این استان افزایش یافته است. بنابراین، تغییر شیوه زراعت برنج از غرقابی به هوازی می‌تواند در حفظ و پایداری تولید برنج در کشور از جمله در استان گلستان موثر باشد. به نظر می‌رسد که اولین گام جهت توسعه زراعت برنج هوازی، ارزیابی متغییرهای محیطی و توان سرزمین جهت تامین نیازهای زراعی این نوع سامانه کشت می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع آب در کشور از جمله استان گلستان، معرفی سامانه‌های زراعی که میزان مصرف آب را کاهش دهد، حایز اهمیت است. کشت برنج هوازی یکی از این سامانه‌هاست. این پژوهش با هدف استعدادسنجی بخشی از اراضی استان گلستان (شهرستان آق‌قلا) جهت کشت برنج هوازی، با استفاده از ارزیابی عوامل محیطی و تحلیل‌های مکانی در سال ۱۳۹۸ انجام شد.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در سال ۱۳۹۸ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. ابتدا نیازهای زراعی بوم‌شناختی یک سامانه کشت برنج هوازی با استفاده از منابع علمی و مراجعه به مزارع الگویی تعیین گردید. سپس براساس آن، نقشه‌های موضوعی اقلیمی، توپوگرافی، خاک و منابع آب مورد نیاز در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. این نقشه‌های موضوعی عبارت بودند از درصد شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، ماده آلی، EC خاک، pH خاک، بارش سالانه، وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت (ماه‌های خرداد و تیر)، دمای متوسط سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای کمینه سالانه، مجموع ساعت آفتابی، رطوبت نسبی، نزدیکی به رودخانه، pH منابع آبی سطحی، SAR منابع آبی سطحی، EC منابع آبی سطحی، وضعیت منابع آبی سطحی، دمای منابع آبی زیرزمینی، میزان SAR منابع آبی زیرزمینی، pH منابع آبی زیرزمینی، EC منابع‌آبی زیرزمینی و وضعیت منابع آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۳ تهیه شد. در ادامه، براساس منطق بولین و مدل محدودیت ساده (SLM)، لایه‌ها روی‌هم‌گذاری شدند. در انتها نقشه پتانسیل توسعه کشت برنج هوازی برای زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا تهیه و به‌صورت کیفی طبقه‌بندی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنها زمین‌های جنوبی شهرستان آق‌قلا (۲۱۰۰۳/۶۳ هکتار)، مناسب برای توسعه برنج هوازی است. براساس نقشه استعدادسنجی، از سمت جنوب به شمال از درجه قابلیت سرزمین کاسته شد. در این ارزیابی، بیش‌ترین مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده (۳۶۹۶۵/۶۱ هکتار) به

پهنه ضعیف (S3) اختصاص یافت. نتایج حاصل از تطابق زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا با نیازهای زراعی و محیطی سامانه برنج هوازی نشان داد که ۲۶/۷۳ درصد از اراضی کنونی، مناطق نامناسبی جهت توسعه کشت برنج هوازی می‌باشد. این مناطق با درجه NS در بخش‌های شمالی شهرستان از غرب به شرق کشیده شده است و در محدود آبخوان اترک قرار دارد. همچنین، نتایج حاصل از استعدادسنجی بر اساس منطق بولین نشان داد که ۵/۳۸ درصد از محدوده مورد مطالعه جهت کشت برنج به‌صورت هوازی مستعد است و ۹۴/۶۲ درصد نامناسب (NS) می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بطورکلی عوامل محدودکننده در پهنه NS هر دو مدل مورد مطالعه عبارت بودند از: میزان بارش سالانه زیر ۳۰۰ میلی‌متر، شوری خاک بیش‌تر از ۷ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کم ماده آلی، EC منابع آبی سطحی، وضعیت نامناسب منابع آبی سطحی و زیرزمینی، شوری منابع آب سطحی، SAR بالای ۱۲ و pH نامناسب منابع آبی.

استناد: کاظمی، ح.، ذاکری‌نیا، م. (۱۴۰۱). امکان‌سنجی توسعه کشت برنج هوازی در استان گلستان (مطالعه موردی: شهرستان آق‌قلا). *تولید گیاهان زراعی*، ۱۵ (۱)، ۱۶۲-۱۴۱.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19367.2444

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

برنج نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان ایفا می‌کند که بیش‌تر آن‌ها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند. این محصول یک سوم سطح زیر کشت غلات دنیا را شامل می‌شود و تامین کننده ۳۵ تا ۶۰ درصد کالری جمعیتی در حدود ۷/۲ میلیارد نفر از مردم جهان می‌باشد. کمبود آب و رقابت در مصرف آن، امروزه به چالش جدی در کشت و تولید برنج در شرایط آبی تبدیل شده است. به همین دلیل، در برنامه افزایش بهره‌وری و پایداری تولید برنج در ایران، استفاده بهینه از منابع تولید در بهره‌وری از اراضی و کاهش هزینه‌های آن بسیار مورد توجه می‌باشد. آب یک جزء تأثیرگذار در تولید برنج و پایداری آن محسوب می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی ایران و تمایل مردم به مصرف برنج، راهکارهای توسعه کشت برنج همراه با کاهش مصرف آب و افزایش تولید مهم می‌باشد (۲۰). توسعه روش مناسب کشت برنج که نیاز به مقدار آب کم‌تری داشته باشد، ضروری است. از این‌رو، تغییر الگوی کشت از روش غرقابی مرسوم برنج که مبتنی بر آبیاری پیوسته می‌باشد، به روش هوازی که مبتنی بر کشت برنج در بستر خشک غیراشباع می‌باشد، حایز اهمیت است (۱۹).

از مزایای روش خشکه کاری برنج می‌توان به کاهش مصرف آب و انرژی، صرفه‌جویی در هزینه و وقت جهت تهیه خزانه، یکنواختی در سبز شدن مزرعه و رسیدگی‌محصول، امکان استفاده راحت‌تر از کمباین، کاشت مستقیم در سطح وسیع‌تر، جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی، افزایش اکسیژن خاک، افزایش آزادسازی آمونیوم، کاهش آفات و بیماری‌ها، کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و در مجموع استفاده بهتر از نهاده‌ها اشاره کرد (۳۰). به‌طورکلی، در روش خشکه‌کاری برنج از چهار شیوه خشک-غرقابی، بارانی، نواری (تیپ) و قطره‌ای استفاده می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که با کشت برنج به‌صورت هوازی، بین ۴۰ تا ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد. این روش کشت در مناطقی از کشور که با محدودیت منابع آب روبرو هستند و هم زمان کشاورزان نیز تمایل به زراعت برنج دارند، می‌تواند جایگزین روش غرقابی مرسوم گردد (۱۰).

اولین بار ایده تولید برنج هوازی در سال ۱۹۷۷توسط تمپلتون و بایوت مطرح شد. آن‌ها این سوال را مطرح کردند چرا نتوان برنج را به‌صورت هوازی کشت نمود؟ سپس در پی کمبود آب در چین، پژوهش‌گران در موسسه بین المللی تحقیقات برنج و کشور چین، در پی پاسخ به این سوال تحقیقات خود را آغاز کردند و سرانجام این موسسه بین المللی فناوری برنج هوازی را برای حل مشکل بحران آب در تولید برنج معرفی کرد. نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب در برنج هوازی بطور قابل توجهی بیش از برنج غرقاب است (۲). در آزمایشی که به منظور مقایسه بین نیاز آبی ارقام برنج هوازی و مرسوم انجام شد، تفاوت چشم‌گیری بین دو شیوه مبتنی بر غرقابی مرسوم و هوازی از نظر مصرف آب مشاهده گردید. براساس نتایج این آزمایش، در شیوه هوازی حدود ۴۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود (۲۸).

در ایران مومنی (۲۰۱۲) آزمایشی را در استان مازندران اجرا کرد. نتایج نشان داد که از میان ارقام مورد بررسی، رقم ندا وضعیت مطلوبی در شرایط هوازی نشان می‌دهد که به‌عنوان رقم متحمل به شرایط کم آبی می‌تواند در مطالعات مرتبط با تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (۱۹). رئیسی و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های برنج‌های هوازی و ایرانی از نظر تحمل به تنش اسمزی، آزمایشی را با ۳۱ ژنوتیپ از برنج‌های هوازی و خارجی و ۲۱ رقم از برنج‌های ایرانی انجام

دادنـد. نتایج نشـــان داد کـه اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیـــه مؤلفه‌های مختلف جوانه‌زنی وجود دارد (۲۵). لیموچی و همکاران (۲۰۱٦) نشـان دادند که بیش‌ترین درصد افزایش عملکرد با افـزایش خشکی، مربوط به ژنوتیپ بسیار متحمل بـه خشـکی برنج هوازی وندانا بود، اما در سایر ژنوتیپ‌هـا، تـنش خشکی تـأثیر منفـی بـر عملکـرد دانـه داشـت (۱۵). پینهیرو و همکاران (۲۰۰٦) در برزیل نتیجه گرفتند که سامانه برنج هوازی می‌تواند نیاز این کشور به برنج را بـدون افـزایش مصـرف آب و سـرمایه‌گـذاری در زیرساخت‌های لازم برای سامانه غرقابی فراهم سـازد (۲۳). کورس و همکاران (۲۰۱۷) بـا توجـه بـه گـرم شدن دمای کره زمین و تغییر اقلیم و کمبود منابع آب برای تولید برنج، راهکارهای کوتاه مدت مانند انتخاب ارقام مناسب و تغییر تاریخ کاشت و راهکارهای بلنـد مدت مانند اصلاح ارقام مقاوم بـه تـنش خشـکی یـا اجتناب از خشکی و ارقامی که بتواننـد بـا آب کمـی رشد کنند (هوازی) را پیشنهاد دادند (۱٤).

مندال و همکاران (۲۰۱۰) مناطق مناسـب کشـت برنج هوازی را در منطقه مرطوب هند شرقی شناسایی کردنـد. در ایـن مطالعـه از شـاخص خشـکی بـرنج، براسـاس داده‌هـای اقلیمـی و خـاکی و مـدل‌سـازی پتانسیل عملکرد استفاده شد. سپس پهنه‌بندی منطقه به کلاس‌های بسیار مستعد تا غیرمستعد در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد (۱۷). فروز دی بورجا ریس و همکاران (۲۰۱۸) یک آزمایش سه ساله در برزیل به منظور ارزیابی اثر ۵ رژیم آبیاری از جمله سامانه کشت هوازی بر عملکـرد بـرنج انجـام دادنـد. نتـایج آن‌هـا نشـان داد کـه در روش کشـت هـوازی بیش‌ترین عملکرد دانه به‌دست آمد (۵). در پژوهشـی کامارول زمان و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تنش آبی روی صـفات رشـدی و فیزیولـوژیکی دو رقـم بـرنج هـوازی در کشـور مـالزی گـزارش کردنـد کـه دوره پیدایش خوشه، حساس‌ترین مرحله به تنش آبی همراه با کاهش عملکرد در هر دو رقم است و تحت شرایط کشت هوازی، رقم MR253 عملکرد دانـه، وزن صـد دانه و تعداد خوشه بیش‌تری نسبت به رقم MA1 دارد (۱۱).

سـامانه اطلاعـات جغرافیـایی (GIS[1]) سـامانه‌ای است که برای کار بـا داده‌هـای کـه وابسـتگی مکـانی دارند، طراحی شده است. فراهم‌سازی، پیش پردازش، مدیریت داده‌ها و تجزیه و تحلیل و پردازش نهـایی و تولید محصول خروجی، پنج جز اصـلی ایـن سـامانه مـی‌باشـند. GIS تلفیقـی از عملیـات معمـول بانـک اطلاعاتی هم‌چـون پـرس و جـو و تجزیـه و تحلیـل آماری به‌همراه نمـایش و تجزیـه و تحلیـل داده‌هـای مکانی است که نتایج آن بـه‌صـورت نقشـه و جـدول توصیفی عرضه مـی‌شـود. امـروزه سـامانه اطلاعـات جغرافیایی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی کمیت و کیفیت منابع محیطی، وضـعیت حاصـلخیزی اراضی زراعی، کنترل آفات، بیماری‌هـا و علـف‌هـای هرز، تدوین الگـوی کشـت، استعدادسـنجی اراضـی، ارزیابی آلودگی‌های زیست‌محیطی، ارزیـابی سـلامت کشت‌بـوم‌هـا، ارزیـابی و کمـی‌سـازی خـدمات بـوم سـازگانی و غیـره مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد (۱۳). فرهادیان عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) ارزیابی زراعی–بـــوم‌شـــناختی اراضـــی کشـــاورزی شهرســـتان گنبدکاوس(استان گلستان) را جهت کشت گندم دیـم بـا اسـتفاده تحلیـل‌هـای مکـانی سـامانه اطلاعـات جغرافیایی انجام دادند. در این مطالعه مشخص گردید کـه بـه ترتیـب ۹/۲۰ و ۲٤/۷۳ درصـد از زمـین‌هـای کشاورزی شهرستان گنبدکاوس جهت تولید گنـدم در پهنه های بسیار مستعد و مستعد قرار می‌گیرند. در این اراضـی از نظـر انـواع متغیرهـــــای بـارش و دمـا، درصـد شیب، ارتفاع از سطح دریـا و عوامـل خـاکی،

1- Geographic Information System

محدودیتی جهت کشت گندم دیم وجود نداشت. همچنین پهنه های نیمه مستعد (۳۹/۹۲ درصد) و غیر مستعد (۲۶/۱۵ درصد) به قسمت های مرکزی، شمالی و شمال شرقی شهرستان اختصاص یافت. این مناطق حداقل از نظر یک متغیر محیطی دارای محدودیت بودند (٤).

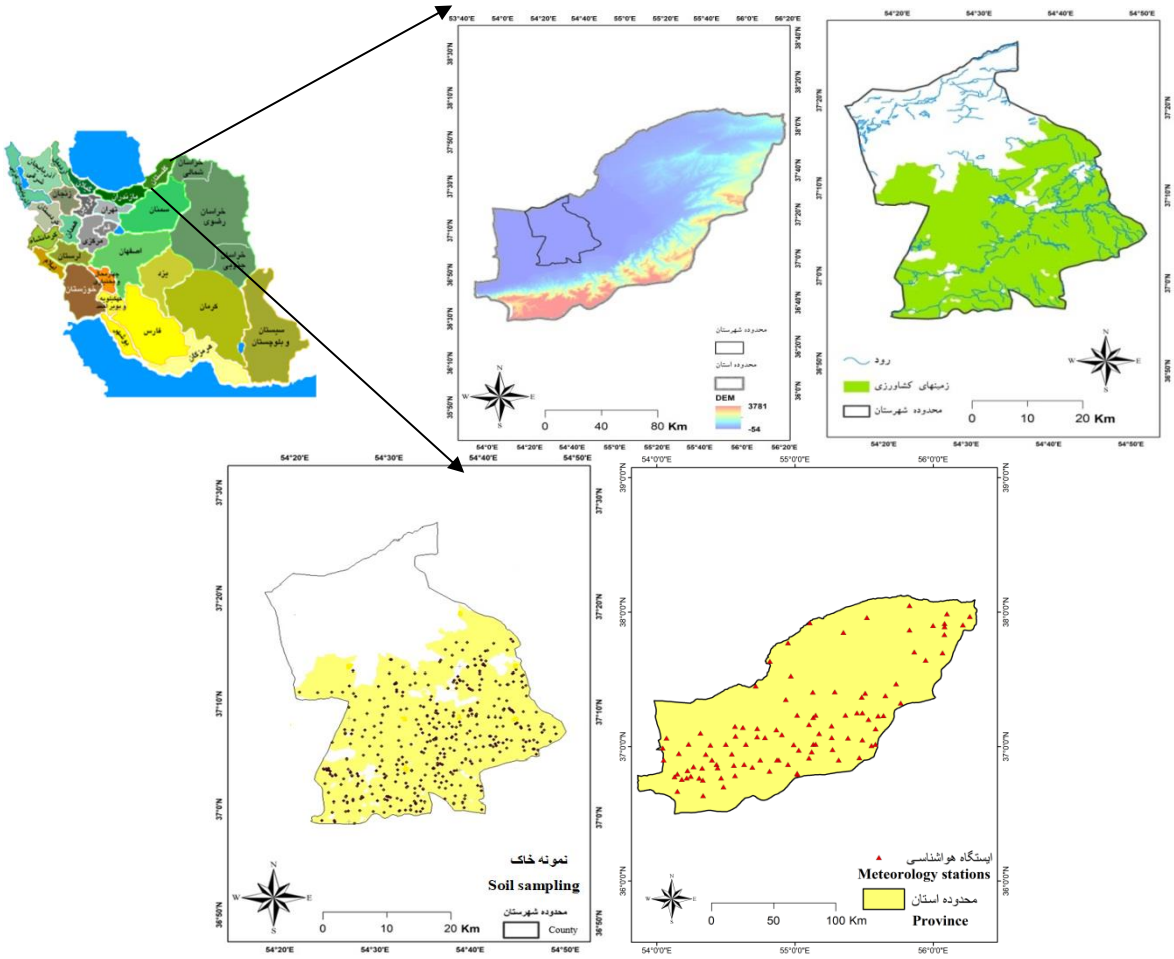
در چند سال اخیر در استان گلستان تمایل به کشت برنج غرقابی به دلیل داشتن سود اقتصادی بیش‌تر این محصول نسبت به گیاهان رقیب مانند سویا بیش‌تر شده است. به‌طوری که در سال زراعی ٤۰۰-۱۳۹۹ سطح زیر کشت برنج در گلستان با کاهش ۳۰ درصدی نسبت به سال گذشته به‌خاطر شرایط خشک‌سالی، به ٦۷ هزار هکتار رسید. در همین سال سطح زیرکشت سویا به حدود ۱۰ هزار هکتار کاهش یافت. حاصل این توسعه بی‌رویه سطح زیر کشت برنج، تخلیه منابع آب محدود منطقه و وقوع خسارت ناشی خشک‌سالی در بسیاری شالی‌زارها بوده است. از طرف دیگر، استان گلستان جزو استان‌های مهم در معرض خشک‌سالی در کشور می‌باشد (۲۹). این موارد باعث شده که وزارت جهاد کشاورزی، کشت برنج را به‌صورت غرقاب در استان گلستان ممنوع اعلام نماید. از سوی دیگر، کشت‌های جایگزین معرفی شده به‌جای کشت برنج از سوی جهاد کشاورزی نیز نتوانسته رضایت کشاورزان را جلب نماید. با توجه به این که کشت و کار برنج در اغلب مناطق دنیا و از جمله ایران (حدود ۸۰۰ هزار هکتار در سال ۱۳۹۹) به‌صورت غرقابی است، ضرورت تغییر اساسی در این روش کاشت و در ادامه توسعه روش‌های مناسبی از کشت که به آب کم‌تری نیاز داشته باشد و در عین حال عملکرد مناسبی نیز تولید نماید، اجتناب ناپذیراست. بنابراین، تغییر شیوه زراعت برنج از غرقابی به هوازی با استفاده از ژنوتیپ‌های خاصی به نام برنج‌های هوازی می‌تواند در حفظ و پایداری تولید برنج در شرایط کشور ما مورد توجه قرار گیرد. بذرهای برنج هوازی به صورت خشک و در خاک غیرغرقاب و کاملاً زه‌کشی شده، بدون گل‌خرابی و غیراشباع کشت می‌شوند و عملکرد مناسبی نیز تولید می‌کنند (۱۹، ۲۷). به نظر می‌رسد که اولین گام جهت توسعه زراعت برنج هوازی، ارزیابی متغیرهای محیطی و توان سرزمین جهت تامین نیازهای زراعی این نوع سامانه کشت می‌باشد. بنابراین، با توجه به تمایل کشاورزان به کشت برنج و نیز حفظ منابع محیطی از جمله منابع آبی، این پژوهش با هدف امکان‌سنجی و ارزیابی پتانسیل توسعه کشت برنج هوازی در استان گلستان (شهرستان آق‌قلا) انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا واقع در استان گلستان اجرا شد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. شهرستان آق‌قلا بین ٥٤ درجه و ۱٤/۲ دقیقه تا ٥٤ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳٦ درجه و ۵۵/۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹/٦ دقیقه عرض شمالی در شمال استان گلستان واقع شده است. این شهرستان مساحتی معادل ۱۷٦۳ کیلومترمربع دارد که از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد کتول، از شرق به شهرستان گنبدکاوس و از غرب به شهرستان‌های بندرترکمن و گمیشان محدود می‌شود (۷).

اجرای مدل امکان‌سنجی اراضی: این تحقیق با هدف مکان‌یابی و پتانسیل‌یابی شهرستان آق‌قلا (استان گلستان) جهت کشت برنج هوازی، با استفاده از ارزیابی عوامل محیطی و تحلیل‌های مکانی در سال ۱۳۹۸ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان انجام شد. ابتدا نیازهای زراعی بوم‌شناختی یک سامانه کشت برنج هوازی با استفاده از منابع علمی و مراجعه به مزارع الگویی تعیین گردید. سپس براساس رویه‌های مدل محدودیت ساده (SLM) و منطق بولین (۱۳)، داده‌ها طبقه‌بندی شدند (جدول‌های ۱ و ۲).



شکل ۱- موقعیت زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا و استان گلستان در کشور و محل نقاط نمونه‌برداری از خاک و پراکنش مکانی ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده.

Figure 1- Location of agricultural lands of Aq-qala county and Golestan province in country and soil sampling points and spatial distribution of used meteorology stations

در ادامه، نقشه‌های موضوعی مورد نیاز شامل درصد شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، ماده آلی، EC خاک، pH خاک، بارش سالانه، وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت (ماه‌های خرداد و تیر)، دمای متوسط سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای کمینه سالانه، مجموع ساعت آفتابی، رطوبت نسبی، نزدیکی به رودخانه، pH منابع آبی سطحی، SAR[1] منابع آبی سطحی، EC منابع آبی سطحی، وضعیت منابع آبی سطحی، دمای منابع آبی زیرزمینی، میزان SAR منابع آبی زیرزمینی، pH منابع آبی زیرزمینی، EC منابع آبی زیرزمینی و وضعیت منابع آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۳ تهیه شد.

1. Sodium Adsorption Ratio

جدول ۱- درجه تناسب عوامل محیطی جهت توسعه برنج هوازی براساس مدل محدودیت ساده (SLM) (منابع: ۲، ۳، ۸، ۹، ۱۶، ۱۸، ۱۷، ۲۱، ۲۲، ۲۴، ۲۶).

Table 1- Suitable degree of environmental variables for aerobic rice cropping development based on simple limitation model (SLM). (References: 2, 3, 8, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 26)

نامناسب (NS) Non-suitable (NS)	ضعیف (S3) Marginally suitable (S3)	مناسب (S2) Suitable (S2)	بسیار مناسب (S1) High suitable (S1)	**متغییر محیطی** Environmental variables
1500>	1500-1800	1800-2000	2000<	مجموع ساعات آفتابی Sunshine
<300	300–350	350–400	>400	میزان بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rainfall (mm)
70<	60-70	50-60	50>	وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت (خرداد و تیر) (میلی متر) Occurrence of sudden rainfall at planting time (June and July) (mm)
>37 and <12	12-18 and 32-37	27-32	18-27	دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Annual average temperature (^oC)
<8	8-10	10-12	12-17	دمای کمینه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (^oC)
>40	35-40	18- and 30-35 20	20-30	دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (^oC)
<80 and <30	30-40	70- and 40-50 80	50-70	رطوبت نسبی سالانه Annual relative humidity
>7	5-8	3-5	0-3	EC خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil EC (dS m)
> 8 and <4.5	7.7-8 and 4.5-55	6.7-7.7	5.7-6.7	pH خاک Soil pH
Sandy-sandy loam شنی-لومی شنی	Loam-clay loam-silty loam لومی-لومی رسی-لومی سیلتی	Sandy loam-loam clay-sandy clay لومی شنی-رسی لومی-رسی شنی	Clay loam-clay-silty clay-silty clay loam لومی رسی-رسی-رسی سیلتی-لومی رسی سیلتی	بافت خاک Soil texture
>8	6-8	3-6	0-3	شیب (درصد) Slope
>1400	800-1400	400-800	0-400	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude(m)
<1	1-2	2-3	>3	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
Non-suitable نامناسب	Marginally suitable تناسب ضعیف	Suitable مناسب	High suitable بسیار مناسب	وضعیت منابع آبی زیرزمینی Groundwater resources status
>3	1.5-3	0.7-1.5	<0.7	EC منابع آبی زیرزمینی (دسی‌زیمنس بر متر) EC of groundwater resources
<8.5 and <5	5-5.5 and 8-8.5	5.5-6 and 7.5-8	6-7.5	pH منابع آبی زیرزمینی pH of groundwater resources
>12	6-12	3-6	0-3	SAR منابع آبی زیرزمینی SAR of groundwater resources
>28 and <14	26-28 and 14-16	16- and 24-26 18	18-24	دمای منابع آبی زیرزمینی (سانتی‌گراد) Temperature of groundwater resources (^oC)
Non-suitable نامناسب	Marginally suitable تناسب ضعیف	Suitable مناسب	High suitable بسیار مناسب	وضعیت منابع آبی سطحی Surface water resources
>3	1.5-3	0.7-1.5	<0.7	EC منابع آبی سطحی (دسی‌زیمنس بر متر) EC surface water resources
>12	6-12	3-6	0-3	SAR منابع آبی سطحی SAR surface water resources
<8.5 و >5	5-5.5 و 8-8.5	5.5- and 7.5-8 6	6-7.5	pH منابع آبی سطحی pH surface water resources
<4	3-4	2-3	<2	نزدیکی به رودخانه (کیلومتر) Near to river (Km)

جدول ۲- درجه تناسب عوامل محیطی جهت توسعه برنج هوازی براساس منطق بولین (منابع: ۲، ۳، ۸، ۹، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۴، ۲۶).

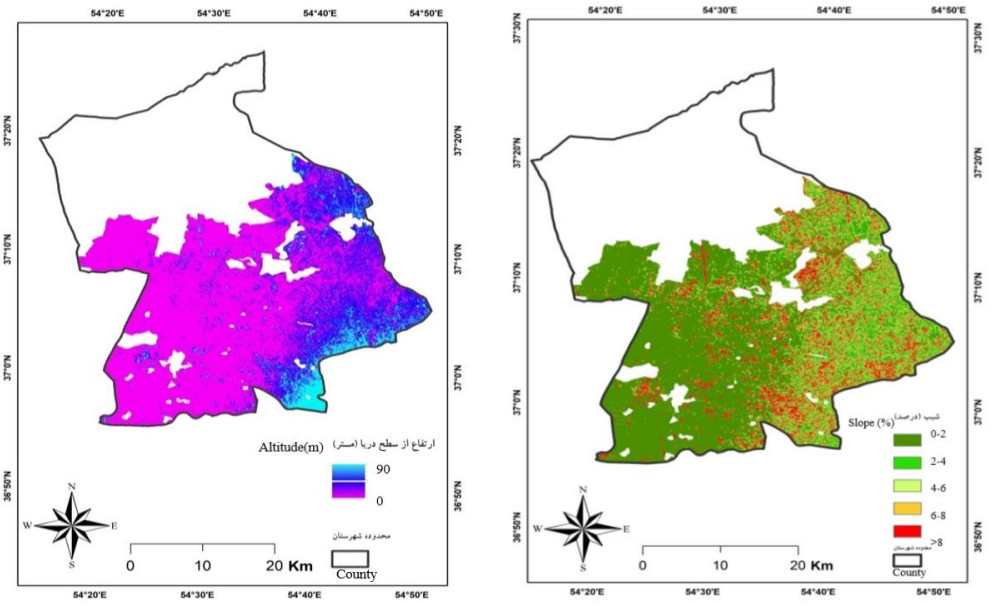
Table 2- Suitable degree of environmental variables for aerobic rice cropping development based Boolean logic. (References: 2, 3, 8, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 26)

نامناسب (NS) Non-suitable (NS)	مناسب (S) Suitable (S)	متغییر محیطی Environmental variables
2000>	2000<	مجموع ساعات آفتابی Sunshine
400>	400<	میزان بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rainfall(mm)
Yes(50 mm<)	No (50 mm>)	وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت (خرداد و تیر)(میلی متر) Occurrence of sudden rainfall at planting time (June and July) (mm)
32-37 and 12-17	17-22 and 27-32	دمای متوسط سالانه(سانتی‌گراد) Annual Average temperature (^oC)
<10	10-13	دمای کمینه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (^oC)
<20 and 35<	20-35	دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (^oC)
>75 and <40	40-75	رطوبت نسبی سالانه(درصد) Relative humidity (%)
5<	0-5	EC خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil EC (dS m)
>7.7 and <5.5	5.5-7.7	pH خاک Soil pH
Sandy-sandy loam شنی- لومی شنی	Clay loam- clay-silty clay-silty clay loam-sandy loam-loam clay-loam-clay loam-silty loam لومی رسی-رسی-رسی سیلتی-لومی رسی سیلتی-لومی شنی-رسی لومی-لومی-لومی رسی-لومی سیلتی	بافت خاک Soil Texture
<1.5	>1.5	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
>5	0-5	شیب (درصد) Slope
800<	<800	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
Non-suitable	Suitable	وضعیت منابع آبی زیرزمینی Groundwater resources status
>1.5	<1.5	EC منابع آبی زیرزمینی (دسی‌زیمنس بر متر) EC of groundwater resources
<8 and <5.5	5.5-8	pH منابع آبی زیرزمینی pH of groundwater resources
>6	<6	SAR منابع آبی زیرزمینی SAR of groundwater resources
>26 and <16	16-26	دمای منابع آبی زیرزمینی (سانتی‌گراد) Temperature of groundwater resources (^oC)
Non-suitable نامناسب	Suitable مناسب	وضعیت منابع آبی سطحی Available to surface water resources
>1.5	<1.5	EC منابع آبی سطحی (دسی‌زیمنس بر متر) EC of surface water resources
>6	<6	SAR منابع آبی سطحی SAR of surface water resources
<8 و 5.5>	5.5-8	pH منابع آبی سطحی pH of surface water resources
>3	<3	نزدیکی به رودخانه (کیلومتر) Near to river (km)

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این پژوهش از منابع اطلاعاتی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، اداره کل هواشناسی استان گلستان، استانداری گلستان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و نیز نمونه‌برداری‌ها و بازدیدهای مزرعه‌ای جمع‌آوری شد. بعد از تهیه لایه‌های مورد نظر، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه براساس منطق بولین در دو طبقه مناسب (با ارزش ۱) و نامناسب (با ارزش صفر) صورت گرفت. بدین ترتیب که برای شرایط مناسب و مطلوب موجود در هر طبقه، ارزش یک و برای شرایط نامناسب ارزش صفر در نظر گرفته شد. همچنین، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه براساس روش محدودیت ساده، در چهار طبقه بسیار مناسب (S1)، مناسب (S2)، ضعیف (S3) و نامناسب (NS) انجام شد و لایه‌های رستری آن‌ها تهیه شد (۱۳). در نهایت با هم‌پوشانی همه لایه‌ها و با اجرای مدل‌ها در محیط ArcMap، نقشه امکان‌سنجی توسعه کشت برنج هوازی در شهرستان آق‌قلا با دو روش محدودیت ساده و منطق بولین به‌صورت کیفی تهیه گردید.

تهیه لایه‌های محیطی

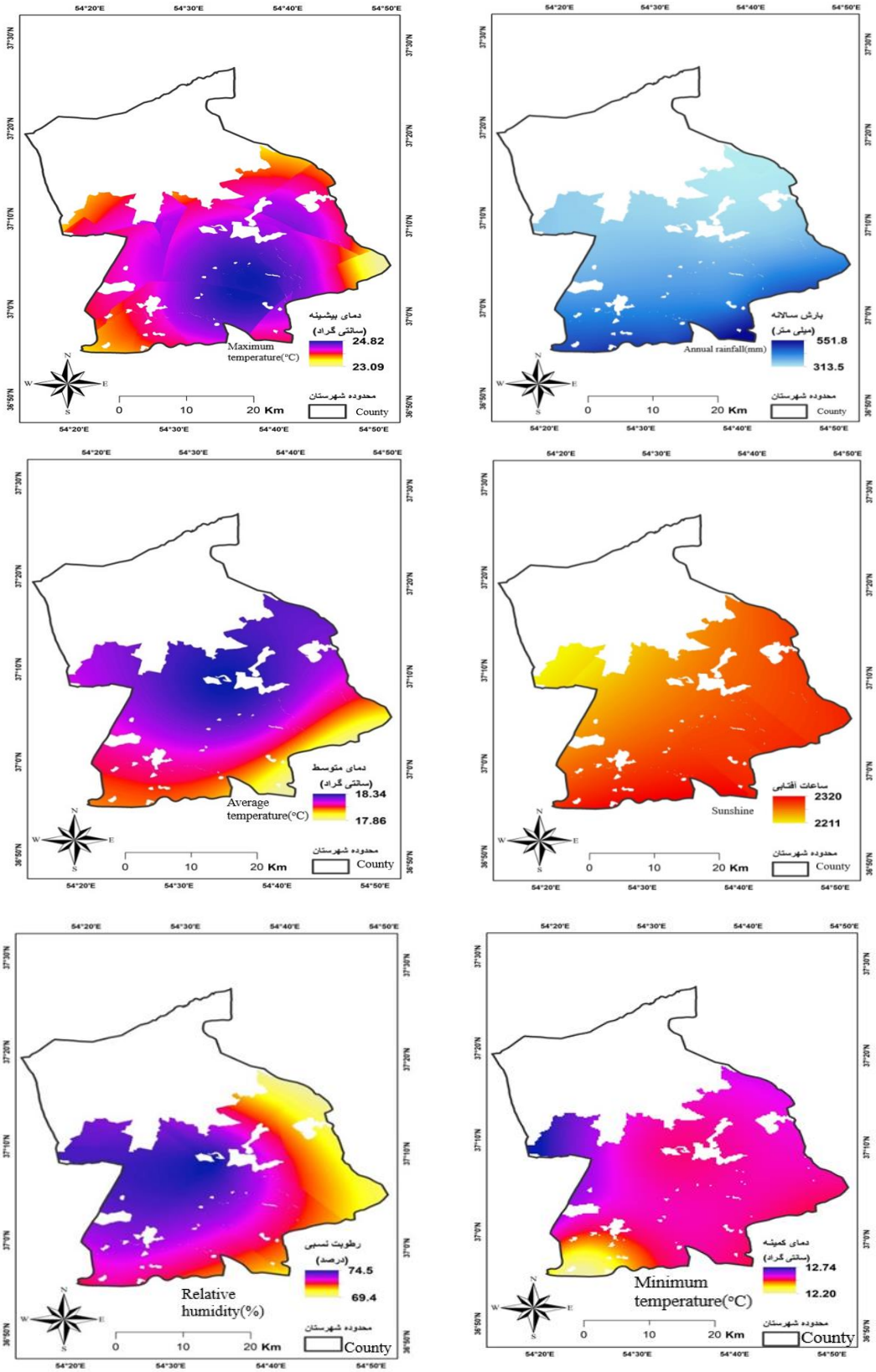
عوامل توپوگرافی: در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاع (DEM) ۹۰×۹۰ متر استان گلستان در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ جهت تهیه لایه‌های درصد شیب و ارتفاع از سطح دریا استفاده شد (۲). جهت تهیه این لایه‌ها از تحلیل مکانی در محیط Arc GIS نسخه ۱۰/۳ با استفاده از ابزار Surface Analysis کمک گرفته شد.



شکل ۲- نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب در محدوده زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 2- Maps of altitude and slope percent in agricultural lands of Aq-qala county, Golestan province.

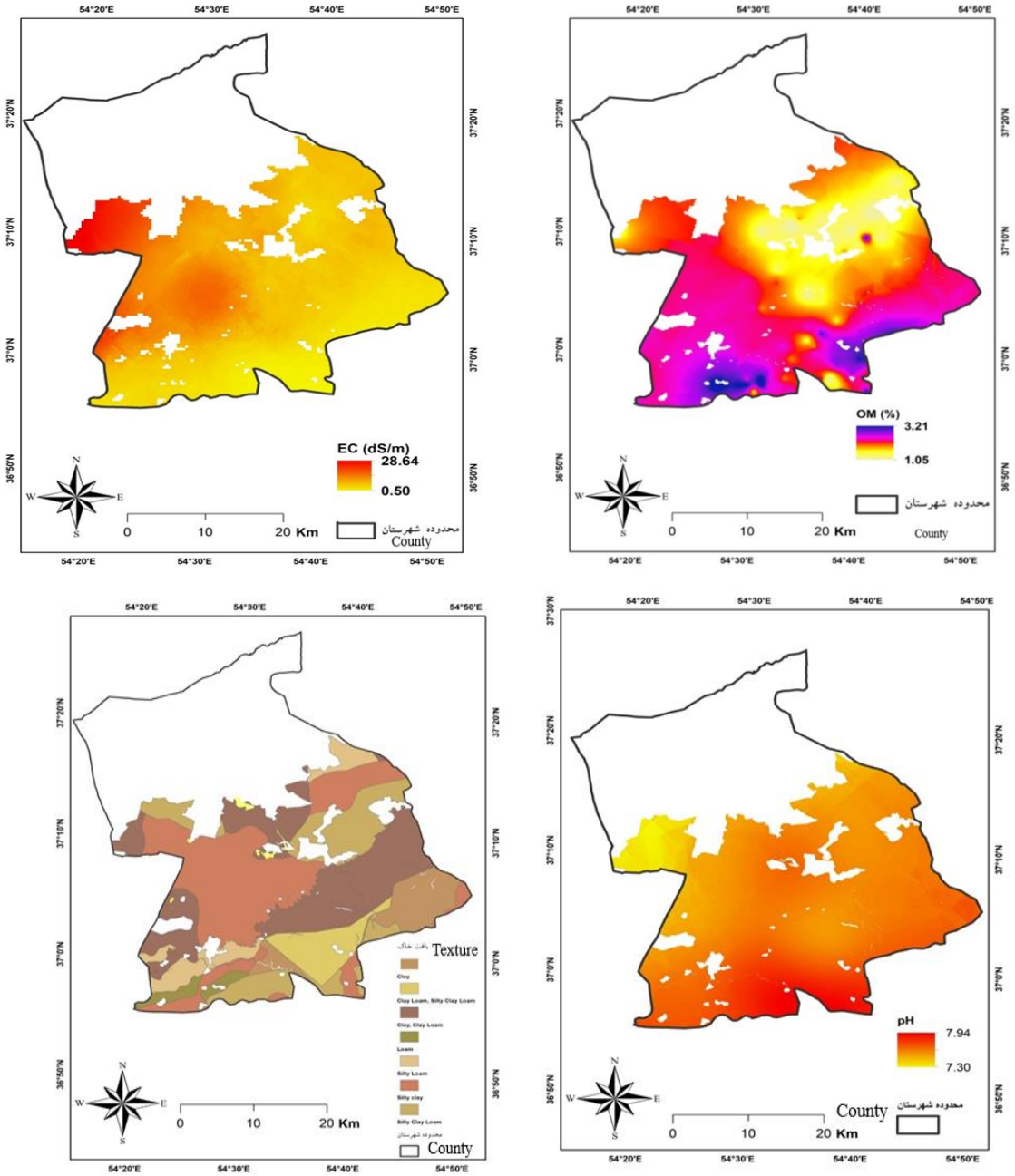
عوامل اقلیمی: برای تهیه انواع نقشه‌های اقلیمی در محدوده مورد مطالعه، از داده‌های اقلیمی ۱۱۷ ایستگاه باران‌سنجی، اقلیم شناسی و هم‌دیدی مستقر در سطح استان گلستان در یک دوره آماری بلندمدت از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۸ (ایستگاه‌های جدید از سال تأسیس) استفاده شد (شکل ۱). از بین متغیرهای اقلیمی، لایه‌های رقومی بارش سالانه، وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت (ماه‌های خرداد و تیر)، دمای متوسط سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای کمینه سالانه، مجموع ساعت آفتابی و رطوبت نسبی تهیه شد (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه‌های بارش سالانه، دمای متوسط سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای کمینه سالانه، مجموع ساعت آفتابی و رطوبت نسبی در محدوده زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 3- Maps annual rainfall, annual average temperature, annual maximum temperature, annual minimum temperature, sunshine and relative humidity in agricultural lands of Aq-qala county, Golestan province.

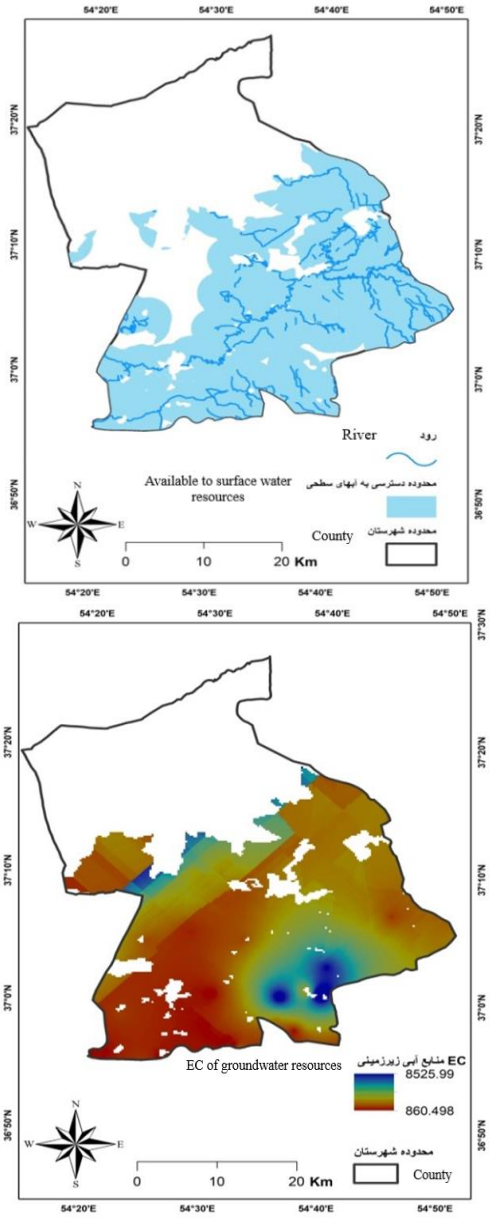
عوامل خاکی: به‌منظور تهیه لایه‌های رقومی متغیرهای خاک در منطقه مورد مطالعه، از اطلاعات و داده‌های خام ٤٠٠ نقطه از زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا استفاده شد (شکل ١). بخشی از این داده‌ها از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان تهیه و بخشی دیگر مربوط به پژوهش‌های پیشین انجام شده در گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بود. در این مطالعه لایه‌های بافت، EC، pH و ماده آلی خاک تهیه شدند (شکل ٤).

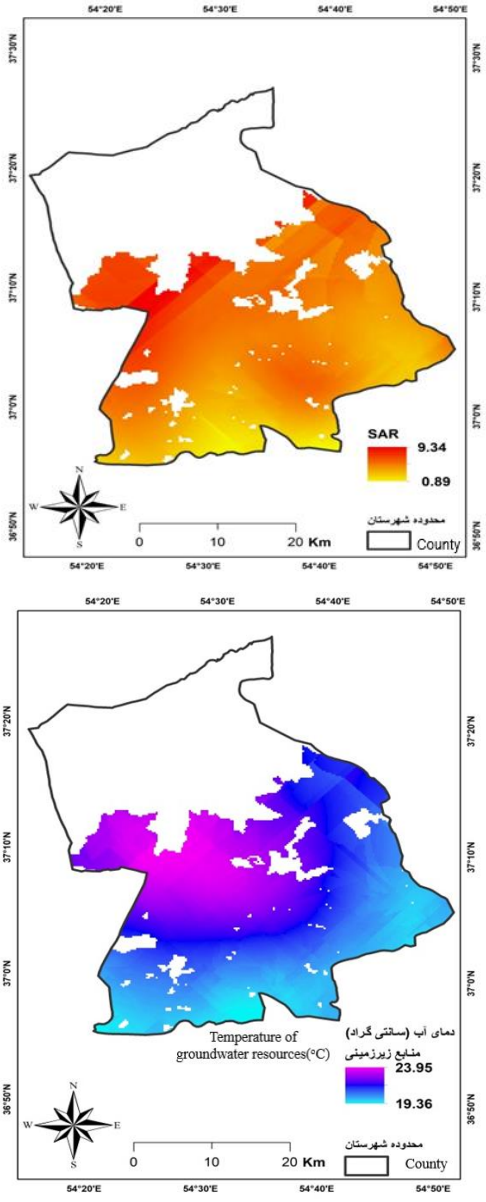


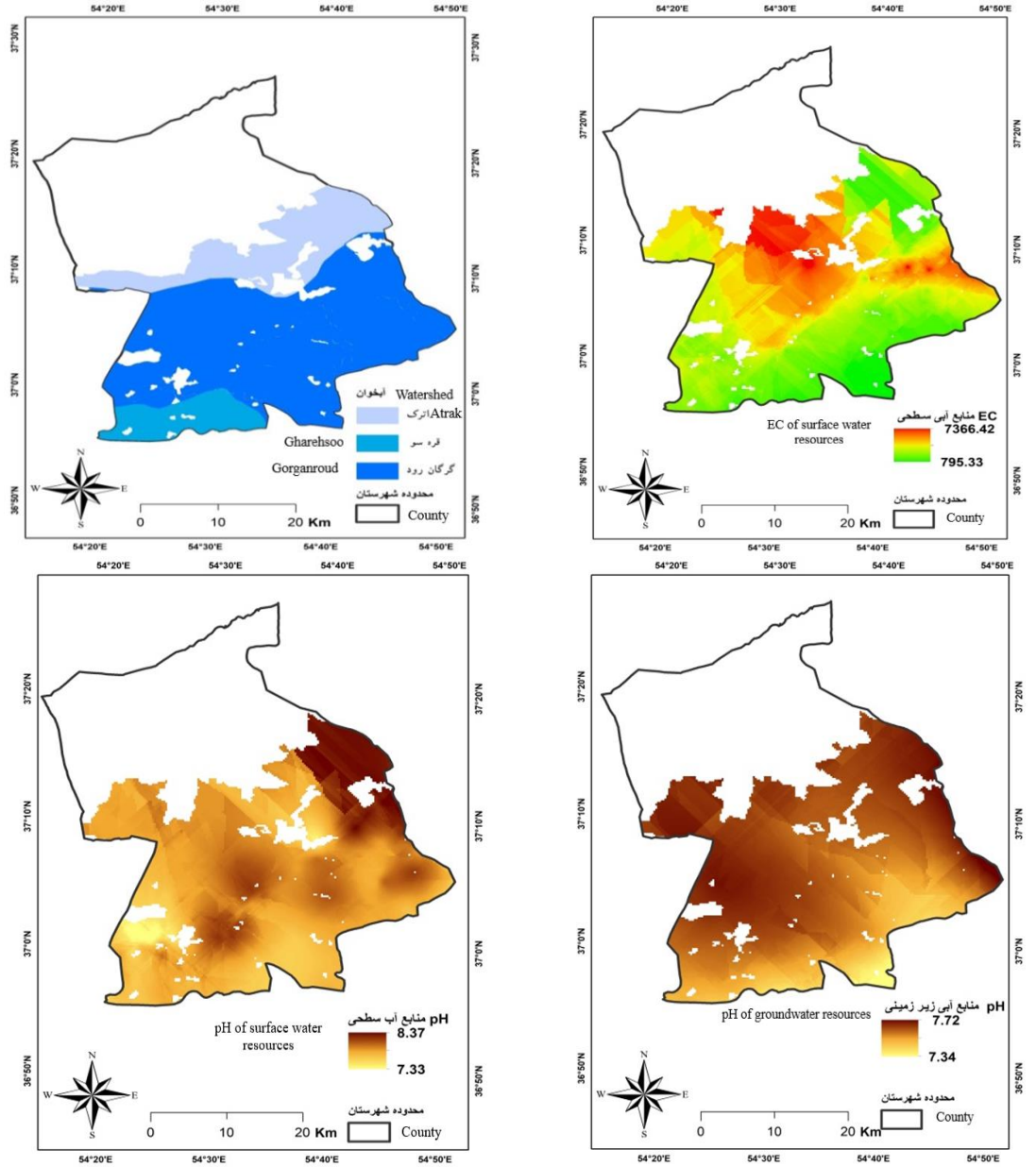
شکل ٤- نقشه‌های بافت خاک، EC، pH وماده آلی در محدوده زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 4- Maps of soil texture, EC, pH and organic matter in agricultural lands of Aq-qala county, Golestan province.

منابع آبی: ابتدا داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، از منابع اطلاعاتی شرکت آب منطقه‌ای گلستان تهیه شد. سپس لایه‌های رقومی نزدیکی به رودخانه، pH منابع آبی سطحی، SAR منابع آبی سطحی، EC منابع آبی سطحی، وضعیت منابع آبی سطحی، دمای منابع آبی زیر زمینی، SAR منابع آبی زیر زمینی، pH منابع آبی زیر زمینی، EC منابع آبی زیرزمینی و وضعیت منابع آب زیرزمینی در محیط ArcMap تهیه شد (شکل ۵).



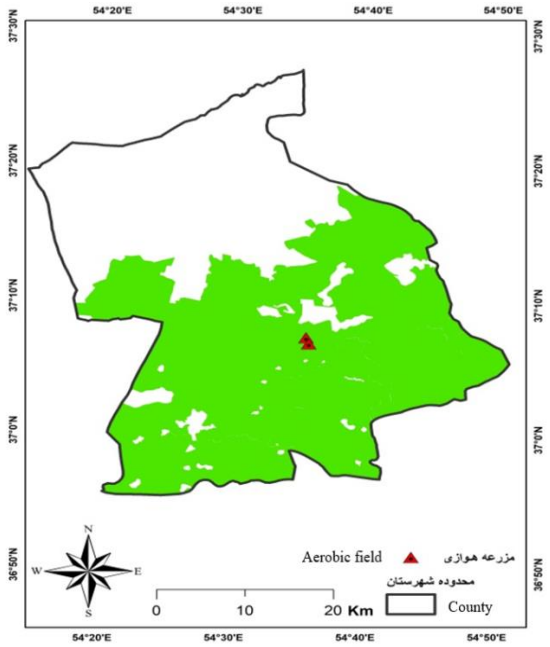




شکل ۵- نقشه‌های نزدیکی به رودخانه، pH منابع آبی سطحی، SAR منابع آبی سطحی، EC منابع آبی سطحی، دمای منابع آبی زیرزمینی، SAR منابع آبی زیرزمینی، pH منابع آبی زیرزمینی، EC منابع آبی زیرزمینی و وضعیت منابع آبی زیرزمینی (آبخوان‌ها) در محدوده زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 5- Maps of near to river, pH of surface water resources, SAR of surface water resources, EC of surface water resources, temperature of groundwater resources, SAR of groundwater resources, pH of groundwater resources, EC of groundwater resources, groundwater resources status (watersheds) in agricultural lands of Aq-qala county, Golestan province.

ارزیابی صحت نتایج: به‌منظور انطباق نتایج استعدادسنجی با وضعیت کنونی مزارع برنج هوازی و جمع آوری برخی اطلاعات از مزارع موجود، بازدیدهای میدانی از دو قطعه زمین برنج خشکه کاری مزرعه نمونه ارتش واقع در شهرستان آق‌قلا، در تابستان ۱۳۹۸ صورت پذیرفت. با ثبت موقعیت جغرافیایی مزارع توسط دستگاه GPS لمسی مدل ۵۵۰ Garmin، علاوه بر اطلاعات مکانی، اطلاعات مدیریت و نیز میزان عملکرد این مزارع جمع‌آوری و ثبت شد. موقعیت این مزارع در شکل ٦ نشان داده شده است.



شکل ٦- موقعیت مزارع فعلی برنج هوازی در محدوده زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure6- Location of current aerobic rice field in agricultural lands of Aq-qala county, Golestan province.

نتایج و بحث

نتایج اجرای مدل محدودیت ساده: میزان مطلوبیت مناطق کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت توسعه کشت برنج هوازی در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تنها اراضی جنوبی شهرستان آق‌قلا، برای توسعه برنج هوازی مناسب است. براساس نقشه استعدادسنجی، هر چقدر از جنوب به سمت شمال پیش می‌رویم از درجه قابلیت سرزمین کاسته می‌شود (شکل ۷). براساس خروجی مدل، حدود ۲۱۰۰۳/٦۳ هکتار از کل محدوده مورد مطالعه به پهنه با درجه بسیار مناسب (S1) اختصاص یافت. در این پهنه با مدیریت بهینه زراعی، امکان حصول ۱۰۰-۸۰ درصد پتانسیل عملکرد (٦) وجود دارد. میزان بارش سالانه بیش از ٤۰۰ میلی‌متر، عدم وقوع بارش‌های ناگهانی در زمان کاشت، دماهای مطلوب متوسط، کمینه و بیشینه، شوری زیر ۳ دسی‌زیمنس بر متر، کلاس‌های بافت خاک مناسب، شیب زیر ۳ درصد، وضعیت مطلوب منابع آبی زیرزمینی، دسترسی کم‌تر از ۲ کیلومتر به منابع آب‌های سطحی، میزان ماده آلی مناسب، SAR زیر ۳، pH، EC و دمای مناسب منابع آبی از ویژگی‌های این پهنه می‌باشد. مندال و همکاران (۲۰۱۰) مناطق مناسب کشت برنج هوازی را در منطقه مرطوب هند شرقی با استفاده از چهار معیار اصلی شامل شاخص خشکی برنج، اقلیم، خاک و مدل‌سازی عملکرد پتانسیل در محیط GIS شناسایی کردند (۱۷).

در این پژوهش مشخص شد که حدود ۲۳٤۷۷/۸۷ هکتار از زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا، دارای پتانسیل مناسب (S2) برای کشت برنج هوازی است (جدول ۳). این مناطق به صورت نوار عرضی از غرب به شرق کشیده شده‌اند (شکل ۷). برای حفظ تولید در این طبقه و برای جلوگیری از کاهش کیفیت و کمیت منابع محیطی و تنزل این درجه این پهنه به طبقه‌های پایین‌تر، لازم است اقداماتی مانند حفاظت از منابع تولید از جمله حفاظت از منابع آب و خاک صورت پذیرد. همچنین در این پژوهش، بیش‌ترین مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده (۳٦۹٦٥/٦۱) به پهنه ضعیف (S3) اختصاص یافت و طبقه نامناسب (NS) با مساحت ۲۹۷۱۷/٦۲ هکتار در

مکان بعدی قرار گرفتند. به دلیل محدودیت‌های موجود، کشت برنج هوازی در این مناطق با خطر همراه می‌باشد. به نظر می‌رسد با رفع برخی از محدودیت‌ها از جمله کاهش شوری خاک، افزایش ماده آلی و کاهش SAR می‌توان طبقات تناسب اراضی را در بعضی از نقاط به درجه مناسب (S2) ارتقا داد. کورس و همکاران (۲۰۱۷) با توجه به تغییر اقلیم و کمبود منابع آب برای تولید برنج، راهکارهای کوتاه مدت مانند انتخاب ارقام مناسب و تغییر تاریخ کاشت و راهکارهای بلند مدت مانند اصلاح ارقام مقاوم به تنش یا اجتناب از خشکی و ارقام هوازی را پیشنهاد دادند (۱٤).

جدول ۳- مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده جهت توسعه کشت برنج هوازی در شهرستان آق قلا، استان گلستان.

Table 3- Area of classified zones for aerobic rice cropping in Aq-qala county, Golestan province.

۱. مدل محدودیت ساده (SLM)

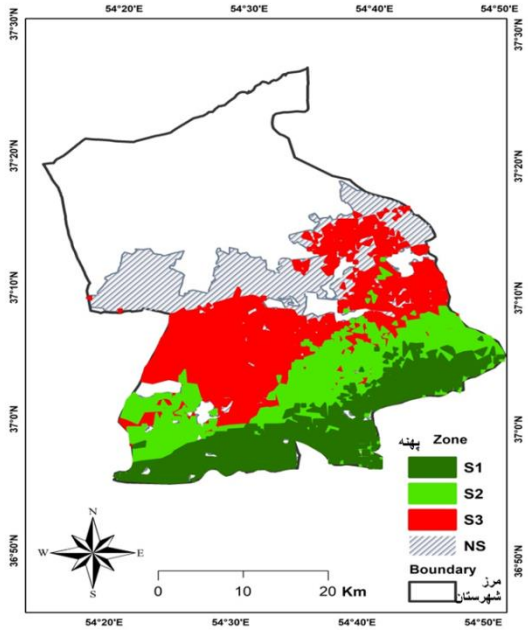
1. Simple Limitation Model (SLM)

درجه Degree	بسیار مناسب (S1) High suitable (S1)	مناسب (S2) Suitable (S2)	ضعیف (S3) Marginally suitable (S3)	نامناسب (NS) Unsuitable (NS)
مساحت (هکتار) Area (ha)	21004	23478	36966	29718
درصد Percent	18.89	21.11	33.25	26.73

۲.منطق بولین

2. Boolean Logic

درجه degree	مناسب(S) Suitable (S)	نامناسب(NS) Non-suitable (NS)
مساحت (هکتار) Area (ha)	5981	1051831
درصد Percent	5.38	94.62



شکل ۷- نقشه استعدادسنجی زمین‌های کشاورزی جهت توسعه برنج هوازی براساس روش محدودیت ساده در شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

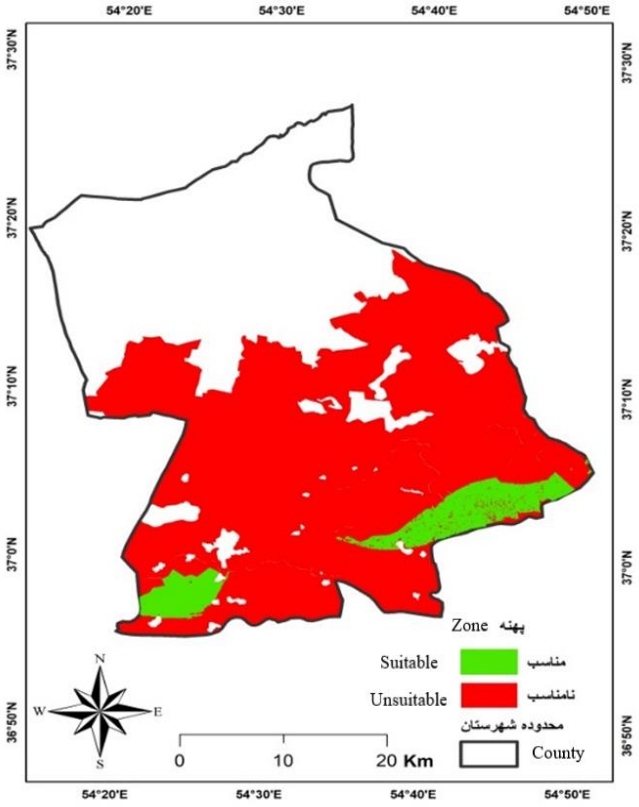
Figure 7- Map of land suitability of agricultural lands for aerobic rice cropping based on simple limitation model in Aq-qala county, Golestan province.

نتایج حاصل از تطابق اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا با نیازهای زراعی و محیطی سامانه برنج هوازی نشان داد که حدود ۲۶/۷۳ درصد از اراضی کنونی، مناطق نامناسبی جهت توسعه کشت برنج هوازی می‌باشد (جدول ۳). این مناطق با درجه NS در بخش‌های شمالی شهرستان از غرب به شرق کشیده شده است و در محدود آبخوان اترک قرار دارند (شکل ۷). عوامل محدودکننده در این پهنه عبارت بودند از: میزان بارش سالانه زیر ۳۰۰ میلی‌متر، شوری خاک بیش‌تر از ۷ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کم ماده آلی، وضعیت نامناسب منابع آبی سطحی و زیرزمینی، شوری منابع آب سطحی، SAR بالای ۱۲ منابع آبی و pH نامناسب. نتایج کریمی‌فرد (۲۰۱۹) نشان داد که در کشت مستقیم برنج در استان گلستان، می‌توان با به‌کارگیری روش آبیاری نواری– تیپ، ضمن کاهش مصرف آب، به بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب و عملکرد دانه دست یافت (۱۲).

نتایج اجرای منطق بولین: نتایج حاصل از استعدادسنجی اراضی بر اساس منطق بولین نشان داد که ۵/۳۸ درصد از محدوده مورد مطالعه جهت کشت برنج به‌صورت هوازی مستعد است و ۹۴/۶۲ درصد اراضی نامناسب (NS) می‌باشد (جدول ۳). این نتیجه به‌صورت نقشه پهنه‌بندی مناطق در شکل ۸ نشان داده شده است. اصولاً در منطق بولین هر متغیر در گستره کم‌تری نسبت به روش‌های دیگر استعدادسنجی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، در نتیجه نتایج آن می‌تواند تنها به عنوان یک نقشه اولیه با اعتبار و اعتماد کم‌تر، وضعیت منابع موجود را جهت توسعه یک نوع کاربری خاص نشان دهد. در این پژوهش براساس خروجی منطق بولین، زمین‌های با درجه مناسب (S) به‌صورت دو پهنه جداگانه در دامنه جنوبی شهرستان دیده شد. در این پهنه از نظر متغیرهای اقلیمی، خاکی، توپوگرافی و منابع آب محدودیتی وجود نداشت، بنابراین، نیازهای گیاه برنج به‌صورت کشت هوازی در این پهنه تأمین می‌شود. اما در پهنه NS میزان شوری و ماده آلی خاک، EC منابع آبی سطحی، کیفیت و دسترسی به منابع آبی سطحی و زیرزمینی، از عوامل محدودکننده تولید می‌باشند. با توجه به تمایل کشاورزان استان گلستان به کشت برنج، اولین گام جهت توسعه سامانه برنج هوازی استفاده از نتایج استعدادسنجی و توسعه کشت آن فقط در پهنه‌های مستعد است. زیرا در این نوع مطالعه، انواع متغیرهای محیطی و توان سرزمین جهت تامین نیازهای زراعی این نوع سامانه کشت ارزیابی و شناسایی شده و محدودیت‌های احتمالی محیطی مشخص گردیده است. بنابراین، توسعه سامانه برنج هوازی در استان گلستان براساس خروجی نتایج استعدادسنجی اراضی، به منزله دستیابی به حداکثر تولید همراه با حفظ منابع محیطی است.

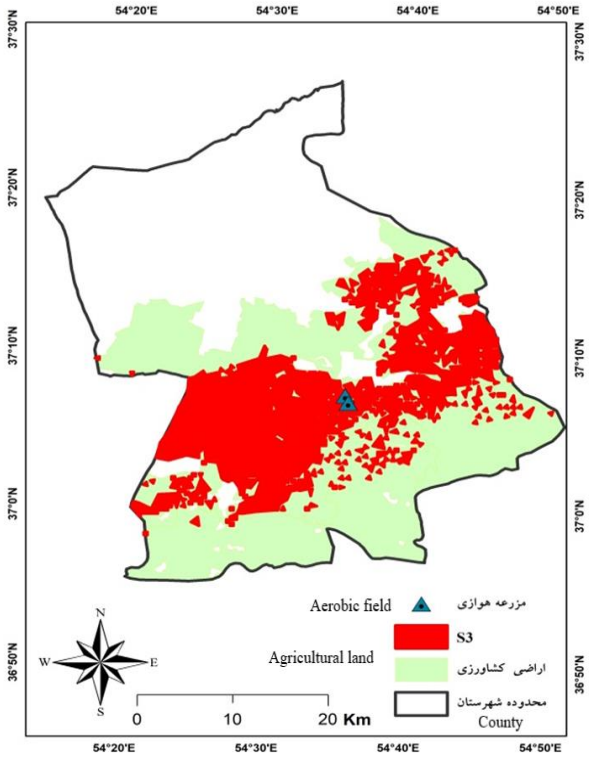
صحت‌سنجی نتایج استعدادسنجی: نقشه انطباق نقاط نمونه‌برداری شده از مزارع خشکه کاری برنج با نتایج استعدادسنجی اراضی در شهرستان آق‌قلا، نشان داد که مزارع نمونه‌برداری شده، در پهنه ضعیف (S3) جهت توسعه سامانه برنج هوازی قرار گرفته‌اند (شکل ۹). با توجه به تنزل کیفیت منابع محیطی در این پهنه، تنها امکان دست‌یابی به ۴۰–۶۰ درصد پتانسیل تولید امکان‌پذیر است. این مزارع بخشی از مزارع مجموعه مزرعه نمونه ارتش (واقع در شهرستان آق قلا) بوده که در دو قطعه در سال ۱۳۹۷ به‌صورت خشکه کاری مدیریت شده‌اند. در قطعه اول که رقم پرمحصول فجر به مساحت ۵۳ هکتار کشت شده بود، متوسط عملکرد شلتوک ۱۷۸۸/۱۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در قطعه دوم به مساحت ۵۶ هکتار که زیر کشت رقم محلی طارم دم‌سیاه قرار داشت، متوسط عملکرد شلتوک ۲۵۱۴/۲۶ کیلوگرم در هکتار ثبت شد. با توجه به پتانسیل بالای رقم فجر در تولید شلتوک (بیش از ۷

تن در هکتار)، نتایج گویای عدم دست‌یابی به عملکرد پتانسیل این رقم در قطعه ۵۳ هکتاری می‌باشد که این نتیجه بر خروجی استعدادسنجی اراضی صحه می‌گذارد. در قطعه ٥٦ هکتاری نیز عملکرد رقم طارم دم‌سیاه، حدود ۳۰ درصد پایین‌تر از پتانسیل تولید این رقم به‌دست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد علی‌رغم مدیریت زراعی بهینه و یکپارچه و دسترسی به امکانات و منابع تولید، همچنان عوامل محدودکننده محیطی مانع از دست‌یابی به پتانسیل تولید قابل قبول در این پهنه می‌باشند. در پهنه ضعیف (S3) عوامل محیطی مانند میزان EC خاک و منابع آبی سطحی، میزان SAR منابع آبی سطحی و زیرزمینی، وضعیت منابع سطحی و زیرزمینی، pH خاک و منابع آب سطحی، میزان ماده آلی، دمای متوسط سالانه و میزان بارش سالانه از عوامل کاهش دهنده تولید می‌باشند.



شکل ۸- نقشه استعدادسنجی زمین‌های کشاورزی جهت توسعه برنج هوازی براساس منطق بولین در شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 8- Map of land suitability of agricultural lands for aerobic rice cropping based on Boolean logic in Aq-qala county, Golestan province.



شکل۹-نقشه انطباق نقاط نمونه‌برداری شده از مزارع برنج هوازی با نتایج استعدادسنجی توسعه کشت برنج هوازی در شهرستان آق‌قلا، استان گلستان.

Figure 9- Map of overlay of sampled points from aerobic rice fields with land suitability results of agricultural lands for aerobic rice cropping in Aq-qala county, Golestan province.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، هم‌پوشانی لایه‌ها با مدل محدودیت ساده توانست ارزیابی دقیق‌تری از متغیرهای محیطی جهت تطبیق آن‌ها با نیازهای زراعی- بوم‌شناختی یک سامانه برنج هوازی فراهم کند. در این روش چون هر متغیر در گستره وسیع‌تری نسبت به منطق بولین مورد بررسی قرار گرفت، در نتیجه نتایج آن می‌تواند به واقعیت موجود منطقه نزدیک‌تر و قابل اعتمادتر باشد. نتایج نشان داد که تنها زمین‌های جنوبی شهرستان آق‌قلا براساس هر دو مدل، برای توسعه برنج هوازی مناسب است. براساس نقشه استعدادسنجی از جنوب به سمت شمال از درجه قابلیت سرزمین کاسته می‌شود. براساس خروجی مدل محدودیت ساده، بیش‌ترین مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده به پهنه ضعیف (S3) اختصاص یافت. همچنین، حدود ۲۶/۷۳ درصد از اراضی کنونی، مناطق نامناسبی جهت توسعه کشت برنج هوازی می‌باشد. به‌طور کلی عوامل محدودکننده در پهنه NS هر دو مدل عبارت بودند از: میزان بارش سالانه زیر ۳۰۰ میلی‌متر، شوری خاک بیش‌تر از ۷ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کم ماده آلی، EC منابع آبی سطحی، وضعیت نامناسب منابع آبی سطحی و زیرزمینی، شوری منابع آب سطحی، SAR بالای ۱۲ منابع آبی و pH نامناسب. بنابراین، توسعه کشت برنج هوازی در استان گلستان نیازمند انجام تحقیقات جامعی در زمینه‌های به‌زراعی و به‌نژادی از جمله شناسایی و معرفی ارقام مناسب، کنترل گیاهان هرز، تعیین تراکم مطلوب بوته در واحد سطح، تعیین زمان، مدت و روش آبیاری و غیره است تا مسایل و مشکلاتی که مانع توسعه و اجرای این نوع کشت

است، رفع گردد. پیشنهاد می‌گردد که توسعه برنج هوازی در استان گلستان براساس نقشه استعدادسنجی، فقط در زمین‌های با درجه بسیارمناسب و مناسب صورت پذیرد تا از کاهش کمیت و کیفیت منابع محیطی جلوگیری شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با اعتبارات معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا شده است، بدین‌وسیله مراتب قدردانی نویسندگان از آن معاونت اعلام می‌گردد. همچنین، از کمک‌های خانم مهندس ذوالفقاری و آقای مهندس صالحی‌زاده و همکاری شرکت آب منطقه‌ای گلستان و مدیریت مزرعه نمونه ارتش قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1.Bhagat, R.M., Singh, S., Sood, C., Rana, R.S., Kalia, V., Pradash, S., Immerzeel, W. and Shrestha, B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradash (India) using Geographical Information System. J. Ind. Soc. Remote Sens. 37: 233-240.

2.Bouman, B.A.M., Hengsdijk, H., Hardy, B., Bindraban, P.S., Tuong, T.P. and Ladha, J.K. 2002. water-wise rice production. Proceedings of the international workshop on Water-wise Rice Production, 8–11 April 2002, Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

3.Choudhury, S. and Saha, S.K. 2003. Cropping pattern change analysis and optimal landuse planning by integrated use of satellite remote sensing and GIS. Ind. Cartographer. 111-123.

4. Farhadian Azizi, Sh., Kazemi, H. and Soltani, A. 2018. Agroecological evaluation of Gonbad-e-Kavous township for rainfed wheat cultivation by spatial analysis of GIS. Crop Prod J. 11: 2. 1-17.

5.Froes de Borja Reisa, A., Estevam Munhoz de Almeidab, R., Cocco Lagoa B., Cesar Trivelinc, P., Linquistd, B. and Laercio Favarina, J. 2018. Aerobic rice system improves water productivity, nitrogen recovery and crop performance in Brazilian weathered lowland soil. Field Crops Res. 218: 59-68.

6.Ghafari, A. Cook, H.F. and Lee, H.C. 2000. Integrating climate, soil and crop information: a land suitability study using GIS. 4th International Conference on Integration GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4). Banff, Alberta, Canada, September 2-8.

7.Golestan Government. 2009. Land use planning program of Golestan province. Vice of government planning. 243 p.

8.Hassanpour Astahbanati, A. 2018. Quality of water irrigation and salinity of soil. Organization of Agriculture and Natural Resources Engineering of Iran. No. 1. 23 p. (In Persian)

9.Ines, A.V.M., Gupta, A.D. and Loof, R. 2002. Application of GIS and crop growth models in estimating water productivity. Agri. Water Manag. 54: 205-225.

10.Jihad Agriculture Organization of Golestan Province. 2018. Project of rice cultivation as aerobic method in Golestan province. Water and soil management and engineering and technology aspects, 31 p.

11.Kamarul Zaman, N., Mohd Yusoff, A., Sariam, O.S. and Kamarul Zaman, N. 2018. Growth and physiological performance of aerobic and lowland rice as affected by water stress at selected growth stages. Rice Sci. 25: 2. 82-93.

12.Karimifard, M. 2019. Feasibility study of using new methods (drip, strip and sprinkler methods) in rice cultivation and comparing its yield with flood irrigation method in two modes of conventional planting cultivation and seed direct cultivation. Thesis of M.Sc., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

13.Kazemi, H. 2015. Application of geographic information system (GIS) in

crop sciences. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. 264 p.
14. Korres, N.E., Norsworthy, J.K., Burgos, N.R. and Oosterhuis, D.M. 2017. Temperature and drought impacts on rice production: An agronomic perspective regarding short-and long-term adaptation measures. Water Res. Rural Develop. 9: 12-27.
15. Limouchi, K. and Yarnia, M. 2016. The effect of drought stress on the yield stability and grain field elements of aerobic rice genotype in the north of Khouzestan. Appl. Field Crops Res. 29: 4. 60-71. (In Persian)
16. Makhdum, M. 2011. Land use planning fundamental. University of Tehran Press. 289 p. (In Persian)
17. Mandal, D.K., Mandal, C., Raja, P. and Goswami, S.N. 2010. Identification of suitable areas for aerobic rice cultivation in the humid tropics of eastern India. Current Sci. 99: 2. 227-231.
18. Martin, D. and Saha, S.K. 2009. Land evaluation by integrating remote sensing and GIS for cropping system analysis in a watershed. Current Sci. 96: 4. 569-575.
19. Moumeni, A. 2013. Study on possibility of changing rice cultivation system from irrigation to aerobic condition in Mazandaran province. Elect. J. Crop Pord. 6: 4. 215-228. (In Persian)
20. Moumeni, A., Rostamkolaei, M. and Tavasoli, F. 2013. Study and selection of superior lines of aerobic rice for important agronomical traits and yield in order to cultivation in Mazandaran. Final report of research project. Rice Research Institute of Iran. (In Persian)
21. Noormohammadi, Gh. Siadat, S.A.A. and Kashani, A., 2001. Cereals cultivation. Shahid Chamran University of Ahvaz Press. 446 p. (In Persian)
22. Okhovat, S.M. and Vakili, D. 1998. Rice; planting, practical operation, harvest. Farabi Press. 212 p. (In Persian)
23. Pinheiro, B.da.S., de Castro, E.da.M. and Guimarães, C.M. 2006. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. Field Crops Res. 97: 1. 34-42.
24. Prakash, T.N. 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: A Fuzzy multi-criteria decision making approach. M.Sc. Thesis of Geoinformation, International Institute for Geo-information Science and Erath Observation. Enschede, The Netherland.
25. Raiesi, T. and Sabouri, A. 2016. Investigation and comparison of aerobic and Iranian rice based on markers linked to traits related to drought and salinity tolerance and their relationship with germination traits under osmotic stress. Iran J. Field Crop Sci. 47: 3. 504-514. (In Persian)
26. Sys, I., Van-Ranst, E. and Debveye, J. 1991. Land evaluation, Part1: principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for development Cooperation. Agricultural Publications, NO. 7, Brussels, Belgium.
27. Templeton, D. and Bayot, R. 2011. Aerobic rice - responding to water scarcity: An impact assessment of the 'developing a system of temperate and tropical aerobic rice (STAR) in Asia' project. CGIAR Challenge Program on Water and Food. www.waterandfood.org.
28. Tuong, T.P. and Buman, B.A.M. 2003. Rice Production in water scarce environments. Pp: 53-67, In: Jkijne J.W., Barker, R. and Molden, D. (eds). Water productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement. International Water Management.
29. Water Research Institute of Iran. 2021. Power ministry. https://www.wri.ac.ir/en
30. Zohrabi, F., Khodarahmpour Z. and Gilani A. 2018. Response of yield and yield components of aerobic rices in climate condition of Ahvaz. J. Plant Prod. Sci. 1: 37-84. (In Persian)