چغندرقند/ جلد ۳۹/ شماره ۲/ ۱۴۰۲

ارزیابی توانایی اراضی برای کشت گیاه چغندرقند بهاره با استفاده از فناوری‌های زمین مرجع (مطالعه موردی: اراضی زراعی استان لرستان)

Evaluation of land potential for spring sugar beet cultivation using geospatial technologies (Case study: agricultural lands of Lorestan province)

حسین پورهادیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/JSB.2024.364298.1341

ح. پورهادیان. ۱۴۰۲. ارزیابی توانایی اراضی برای کشت گیاه چغندرقند بهاره با استفاده از فناوری‌های زمین مرجع (مطالعه موردی: اراضی زراعی استان لرستان)**. چغندرقند، ۳۹(۲): ۲۲۲- ۲۰۹.**

چکیده

شناخت توانایی اراضی هر منطقه بسترساز اجرای الگوی‌کشت و استفاده بهینه از شرایط محیطی است. هدف اصلی این مطالعه شناسایی توانایی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت بهاره چغندرقند است. در این پژوهش از ترکیب فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، منطق فازی و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. در مجموع از ۱۵ عامل شامل: شش عامل اقلیمی، سه عامل توپوگرافی و شش عامل خاک برای شناسایی مکان‌های بالقوه مناسب کشت چغندرقند استفاده گردید. بدین‌صورت که پس از انتقال اطلاعات عوامل به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی لایه رستری آنها تهیه شد و سپس به کمک منطق فازی براساس نیاز اکولوژیکی چغندرقند، فازی‌سازی شدند. به‌منظور تعیین ارزش وزنی هر معیار، از رویکرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد. در نهایت لایه‌های نهایی به کمک ترکیب لایه‌های وزن‌دار تولید شدند و به چهار طبقه خیلی مناسب، مناسب، ضعیف و نامناسب تقسیم گردیدند. در نتایج مشخص شد که ۲۱/۰۴ درصد از کل مساحت مورد مطالعه برای کشت چغندرقند در پهنه خیلی‌مناسب و ۷۶/۷۵ درصد در پهنه مناسب واقع شد و پهنه‌های ضعیف و نامناسب به‌ترتیب ۴/۱۸ و ۰/۰۳ درصد به خود اختصاص دادند. از عوامل اقلیمی: دمای بیشینه (۲۷/۰۲ درصد) و بارش مؤثر (۱۵/۵۵ درصد)، توپوگرافی: جهت شیب (۵۰/۱۹ درصد) و شیب (۱۸/۵۵ درصد) و خاک: نیتروژن کل (۹۹/۹۹ درصد)، ماده آلی (۱۰۰درصد) و فسفر قابل‌دسترس (۲۹/۳۹ درصد) بیشترین محدودیت (پهنه ضعیف و نامناسب) برای کشت چغندرقند بهاره در اراضی مورد مطالعه ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: تناسب‌بندی، چغندرقند بهاره، منطق فازی، ANP، GIS

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. *- نویسنده مسئول hpoorhadian@pnu.ac.ir

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) گیاهی صنعتی و دوساله از تیره تاج‌خروس (*Amaranthaceae*) که به‌صورت یک‌ساله و برای تولید ریشه ذخیره‌ای در فصل پاییز و بهار کشت می‌شود و سازگاری بالایی به شرایط متنوع محیطی دارد. این گیاه به همراه گیاه نیشکر تأمین‌کننده شکر موردنیاز انسان است و نقش بسیار مهمی در تناوب زراعی ایفا می‌کند. همچنین دیگر فرآورده‌های آن مصرف صنعتی و خوراک دام دارد (Khajehpour 2013). استان لرستان با سطح زیرکشت ۱۰۳۶۴هکتار با میانگین عملکرد ۵۱ تن در هکتار و مقام پنجم با سهم ۷/۰۹ درصدی از کل تولید چغندرقند کشور، از استان‌های مهم در تولید این گیاه استراتژیک است (Annonymous 2023).

برای بهره‌گیری از حداکثر پتانسیل هر گیاه، شناخت توانایی منطقه‌ی مورد کشت از نظر تأمین نیازهای اکولوژیکی گیاه امری مهم و ضروری است. با این کار شرایطی فراهم می‌شود تا توانایی‌ها و محدودیت‌های محیطی را شناخت و براساس آنها اقدام به کشت نمود و بستر لازم را برای گسترش کشاورزی پایدار مهیا و از خسارت ناشی از کشاورزی به محیطزیست کاست (Sarğınand Karaca 2023; Choudhary *et al*. 2023; Pourhadian 2021b). تحقق این موضوع به کمک تحقیقات آزمایشگاهی، مزرعه‌ای، مدل‌سازی و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) محقق می‌شود. اما GIS به‌دلیل صرفه‌جویی در وقت و هزینه و مهم‌تر از همه به‌کاری هم‌زمان در پهنه‌های وسیع به وسعت محل (Sadiq *et al*. 2023)، منطقه (Kılıc *et al*. 2022)، ملی (Paravar *et al*. 2023) و جهانی (Nehbandani *et al*. 2023) امروزه کاربرد وسیعی نسبت به دیگر روش‌ها در سنجش توانایی اراضی جهت کشاورزی به‌خود گرفته است. همچنین این روش توانایی سنجش هم‌زمان تمام عوامل محیطی مؤثر بر کشت و عملکرد گیاه از جمله عوامل اقلیمی، توپوگرافی و حاصلخیزی خاک را دارا است (Bazugba *et al*. 2023; Sarkar *et al*. 2023).

در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) افزارهای مختلفی جهت سنجش توانایی اکولوژیکی هر منطقه نهفته است که افزار فازی ازجمله از مهم‌ترین این‌ها است (Azadi *et al*. 2023; Pourhadian 2021a). فازی به‌دلیل خاکستری دیدن هر عامل محیطی و ارزش‌روندی قائل شدن برای مقادیر آن بسترساز دقت در سنجش توانایی منطقه است (Özkan *et al*. 2020; Pourhadian *et al*. 2019). ترکیب یکپارچه GIS، منطق فازی و سامانه‌های چند معیاره، پتانسیل بالایی برای افزایش اثربخشی و دقت ارزیابی تناسب زمین برای تولید محصول دارد (Budak *et al*. 2024; Kılıc *et al*. 2022).

آزادی و همکاران (Azadi *et al*. 2023) با بررسی حاصلخیزی خاک دشت شادکام استان فارس برای کشت گندم به کمک منطق فازی گزارش کردند ۶۲/۷۷ درصد از اراضی سطح مورد مطالعه دارای حاصلخیزی خیلی بالا و ۶/۴۲ درصد حاصلخیزی کم می‌باشند. پورهادیان (Pourhadian 2021b) با پژوهش در زمینه پهنه‌بندی اراضی استان لرستان به کمک منطق فازی برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) دریافت۶۰/۴۲ درصد از اراضی دارای شرایط مناسب و ۱۶/۳۵ درصد دارای شرایط خیلی‌مناسب است و به جز اسیدیته (pH) خاک، بقیه عوامل هر کدام در بخشی از محدوده مورد مطالعه موجب محدودیت برای کشت ارزن علوفه‌ای شدند. مطالعه انجام‌شده در اراضی استان لرستان جهت کشت سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) به کمک منطق فازی و عوامل محیطی نشان داد سطح محدوده‌ی مورد مطالعه در طبقات خیلی‌مناسب (۶/۹۹

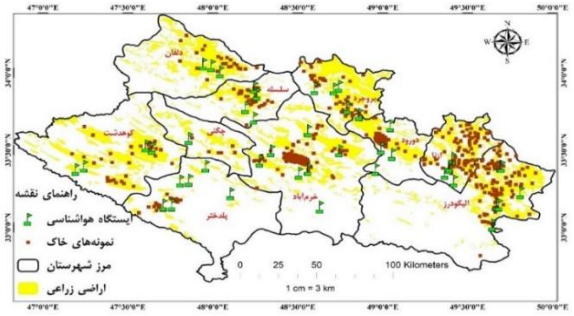
درصد)، مناسب (۹۲/۳۸ درصد) و ضعیف (۰/۶۳ درصد) مشاهده شد. طبقه خیلی‌مناسب در مرکز، جنوب غربی و شمال شرقی استان، طبقه مناسب در کل استان و طبقه ضعیف در شرق استان واقع شد. بررسی عوامل مؤثر بر کشت سورگوم علوفه‌ای حاکی از تنوع این عوامل در بروز استعداد منطقه داشتند و دمای کمینه در اواخر دوره رشد، ماده‌آلی، نیتروژن کل و ارتفاع از سطح دریا بیشترین محدودیت را برای این گیاه موجب شدند (Pourhadian 2021a).

خسروی و همکاران (Khosravi *et al*. 2014) با بررسی تناسب محیطی شهرستان تربت‌حیدریه برای کشت بهاره چغندرقند گزارش کردند ۵۹/۶۱ درصد دارای شرایط خیلی‌خوب و ۲۴/۴۹ درصد فاقد استعداد برای کشت این گیاه می‌باشد. این محققین نیازآبی و بارش مؤثر را مهم‌ترین عوامل در تولید این محصول ذکر کردند. صادق و همکاران (Sadiq *et al*. 2023) با مطالعه تناسب‌بندی اراضی منطقه حکومت محلی کودان در ایالت کادونای نیجریه برای کشت سویا دریافتند ۱۴/۱۴ درصد از سطح مورد مطالعه دارای شرایط مناسب و ۸۳/۷۷ درصد از آن دارای شرایط ضعیف می‌باشد. سبحانی و همکاران (Sobhani *et al*. 2020) با پهنه‌بندی استان آذربایجان‌شرقی به کمک ویژگی‌های خاک و عوامل اقلیمی برای کشت چغندرقند دریافتند ۲۹ درصد از مساحت استان دارای شرایط خیلی‌مناسب، ۲۵ درصد مناسب، ۲۹ درصد متوسط و ۳۲ درصد ضعیف است. در مطالعه دیگری عزیزی و همکاران (Azizi *et al*. 2022) با بررسی کشت پاییزه در لرستان دریافتند مناطق گرم استان شامل پلدختر و کوهدشت مناسب کشت چغندرقند هستند. پروین و همکاران (Parvin *et al*. 2017) با پتانسیل‌سنجی اراضی جنوب آذربایجان‌غربی جهت کشت چغندرقند به کمک عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاک و منظور کردن دوره رشد از نیمه‌دوم اسفندماه تا اواخر شهریور، دریافتند ۱۸ درصد از اراضی مورد مطالعه دارای شرایط خیلی‌مناسب و مناسب هستند و در صورت بهره‌برداری صحیح از منابع آب و خاک نقش بارزی در توسعه‌ی پایدار و اقتصاد منطقه خواهد داشت.

با توجه به نیازآبی چغندرقند و گستردگی کشت بهاره و کاربرد فراوان آن در استفاده انسان از یک‌طرف و از طرف دیگر خشک‌سالی‌های پی‌درپی در ایران و به‌تبع آن در استان لرستان، شناخت پهنه‌های مناسب کشت این گیاه براساس نیاز اکولوژی آن کمک‌کننده در استفاده بهینه از منابع و افزایش تولید محصول در بلندمدت و فراهم‌ساز اطلاعات لازم برای آینده‌نگری است. بنابراین ارزیابی توانایی اراضی زراعی استان لرستان به کمک GIS، منطق فازی و ANP مورد پژوهش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

استان لرستان در غرب ایران با طول‌شرقی ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه و عرض‌شمالی ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه در همسایگی استان‌های خوزستان، ایلام، کرمانشاه، همدان، مرکزی، اصفهان و چهارمحال و بختیاری قرار دارد و از نظر جغرافیایی و تأمین امنیت غذایی نقش استراتژیکی دارد (شکل ۱). استان لرستان استانی چهار فصل و با خرد اقلیم‌های متنوع است. وسعت اراضی زراعی آن حد ۶۹۱۲۹۲ هکتار است که عمده گیاهان کشت‌شده در آن شامل گندم (۲۳۸۰۴۵ هکتار)، جو (۱۴۲۰۲۵ هکتار)، نخود (۶۲۰۲۴ هکتار)، لوبیا (۱۳۸۸۴ هکتار)، عدس (۶۸۰۲ هکتار)، چغندرقند (۱۰۳۶۴ هکتار)، سیب‌زمینی (۴۷۹۳ هکتار)، یونجه (۱۴۵۵۵ هکتار)، شبدر (۷۳۶۰ هکتار)، ذرت (۱۳۵۷ هکتار) و محصولات سبزیجات و جالیزی (۱۴۵۲۴ هکتار) ۱۷۵۵۵۹ هکتار بلاکشت بوده است (Annonymous 2023).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی، نمونه‌های خاک و اراضی زراعی و مرز شهرستان‌های استان لرستان

عوامل اقلیمی

عوامل اقلیمی نخستین و مهم‌ترین عامل در تعیین کشت هر گیاه در منطقه مورد نظر هستند. چرا که دما و آب تعیین‌کننده رشد و مراحل فیزیولوژی و مرفولوژی گیاه و همچنین بیشترین تأثیر در عملکرد گیاه را دارند. برای تعیین اثر عوامل اقلیمی بر توانایی سنجش اراضی استان برای کشت چغندرقند ابتدا میانگین اطلاعات دماهای کمینه، بیشینه و میانگین تهیه‌شده طی سال‌های ۱۳۸۳–۱۳۹۶ (دوره ۱۴ ساله) از هشت ایستگاه تبخیرسنجی و نه ایستگاه سینوپتیک در محدوده‌ی استان لرستان به محیط GIS نسخه ۱۰/۷ انتقال داده شدند و سپس از این اطلاعات در طی دوره رشد مدنظر برای کشت چغندرقند (اول اردیبهشت تا پایان مهرماه) میانگین‌گیری شد و بعد از آن به کمک میان‌یابی وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW) لایه رستری آنها تهیه گردید و نقشه دمای میانگین و بیشینه به کمک تابع فازی گوسی و دمای کمینه به کمک تابع خطی افزایشی با استفاده از مدل عضویت فازی (Fuzzy Membership) براساس حد بهینه و بحرانی گیاه چغندرقند (جدول ۱)، فازی شدند.

برای تهیه لایه رستری، اطلاعات نیازآبی، بارش مؤثر و تبخیر و تعرق، از سامانه نیازآبی کشور تهیه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب استفاده شد. بدین‌صورت که با تعیین تاریخ کاشت در محدوده سال‌های مورد نظر (۱۳۸۳–۱۳۹۶) و ایستگاهی که آمار اقلیمی استان لرستان آن کامل بود، اطلاعات مربوط به سه پارامتر ذکر شده استخراج گردیده و با انتقال به نرم‌افزار لایه گستر اکسل و سپس به محیط GIS، لایه رستری در محدوده اراضی زراعی به کمک میان‌یابی IDW تولید گردید و سپس با استفاده از تابع فازی خطی کاهشی لایه نیازآبی و تبخیر و تعرق و خطی افزایشی لایه بارش مؤثر، استانداردسازی و با توجه به حد بهینه و بحرانی نیاز اکولوژیکی گیاه چغندرقند (جدول ۱) فازی شدند.

جدول ۱ عوامل محیطی و حد مطلوب و بحرانی آن‌ها برای چغندرقند بهاره

عوامل محیطی	واحد اندازه‌گیری	حد مطلوب	حد بحرانی
دمای کمینه	درجه سانتی‌گراد	۱۵–۲۰	<۴
دمای بیشینه	درجه سانتی‌گراد	۲۴–۳۰	>۳۵
دمای متوسط	درجه سانتی‌گراد	۱۸–۲۵ (۲۱/۵)	<۱۰
بارش مؤثر	میلی‌متر	>۲۶	<۱۶
نیاز آبی	میلی‌متر	<۹۵۰	>۱۱۵۰
تبخیر و تعرق	میلی‌متر	<۱۰۵۰	>۱۲۵۰
ارتفاع	متر	۱۴۰۰–۱۸۰۰	<۱۰۰۰ و >۳۰۰۰
شیب	درصد	<۴	>۱۲
جهت شیب	–	فلات، جنوبی، جنوب‌شرقی	غربی، شمالی
فسفر قابل‌دسترس	میلی‌گرم در کیلوگرم	>۱۵	<۵
پتاسیم قابل‌دسترس	میلی‌گرم در کیلوگرم	>۲۵۰	<۱۵۰
مواد آلی	درصد	>۲	<۱
نیتروژن	درصد	>۰/۲۵	<۰/۱
بافت	–	سیلتی، لومی‌رسی‌سیلتی، لومی‌سیلتی، لومی‌رسی، لومی‌رسی‌شنی، رسی‌شنی	شنی، رسی
اسیدیته (pH)	–	۶ –۸/۲	>۸/۵ و <۵/۲

عوامل توپوگرافی

عوامل توپوگرافی به‌دلیل تأثیر بر عوامل اقلیمی چون دما، بارش، رطوبت و باد و همچنین خاک به‌طریق مؤثر بودن بر فرسایش و عمق خاک، میزان ماده‌آلی و مواد تغذیه‌ای، نقش مهمی در استعداد هر منطقه بر کاشت و تولید محصول اقتصادی هر گیاه دارند. برای تهیه نقشه عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاع (DEM)، ۳۰ متر استفاده گردید و نقشه شیب و جهت شیب به کمک افزونه‌های نهفته در GIS در محدوده زراعی تولید گردیدند و سپس نقشه شیب، ارتفاع از سطح دریا و جهت شیب (پس از کدگذاری بر اساس تناسب نیاز گیاه) به‌ترتیب با استفاده از تابع فازی خطی کاهشی، گوسی و خطی کاهشی و براساس حد مطلوب و بحرانی گیاه چغندرقند (جدول ۱) فازی‌سازی شدند.

عوامل خاک

عوامل خاکی به‌دلیل تنوع زیاد، نقش فراوانی در کشت هر گیاه دارند. ماده آلی به‌دلیل نقش وافری که در بهبود ساختمان خاک و تولید موادمغزی برای گیاه ایفا می‌کند، در زراعت گیاهان به‌خصوص گیاهان ریشه‌ای مثل چغندرقند بسیار است. اسیدیته خاک نقش خود را بیشتر از طریق کمک به آزادسازی عناصر برای تغذیه گیاه بازی می‌کند. بافت خاک به‌دلیل حفظ رطوبت، بسترسازی برای رشد ریشه، ساختمان خاک و بحث تغذیه از مهم‌ترین خصلت‌های خاک در کشاورزی است. عناصر تغذیه‌ای در صورت موجود بودن در خاک نیاز گیاه را تأمین می‌کنند، که مصرف کودهای شیمیایی را به صفر یا حداقل می‌رسانند و تا کشاورزی به سمت پایداری سوق کند. به‌همین منظور اطلاعات خاک شامل بافت، پتاسیم و فسفر قابل‌دسترس، ماده‌آلی، نیتروژن‌کل و اسیدیته، از ۶۰۳ نقطه (بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، نتایج آزمایش خاک کشاورزان (Rahman Salari and Omidvari 2016; Amirian Chakan 2011) جمع‌آوری شد (شکل ۱) و پس از انتقال به محیط GIS، نقشه این عوامل به‌جزء بافت خاک به کمک روش درون‌یابی کریجینگ تهیه گردید. نقشه بافت خاک با استفاده از مثلث‌بندی تیسن در محیط GIS تولید شد و سپس به لایه رستری تبدیل گردید. نقشه‌های تولیدی عوامل خاک به کمک مدل عضویت فازی (Fuzzy Membership) و تابع فازی افزایشی (به‌جز اسیدیته تابع عضویت گوسی) و با توجه به حد مطلوب و بحرانی نیاز گیاه چغندرقند (جدول ۱) فازی‌سازی شدند.

تعیین اهمیت عوامل محیطی به کمک ANP

با توجه به این‌که تأثیر هر عامل محیطی بر زندگی و تولید محصول هر گیاه و واکنش آن گیاه به هر عامل محیطی متفاوت است، بنابراین بایستی اهمیت هر عامل مشخص شود. بدین منظور ابتدا نظر تخصصی متخصصان با استفاده از پرسشنامه تهیه گردید و سپس انتقال اطلاعات به محیط نرم‌افزار Super Decision 2.2.6 اهمیت هر عامل محیطی به روشANP و براساس طیف نه و بالاتر از نه قسمتی ساعتی (جدول ۲) مشخص شد (جدول ۳، ۴ و ۵).

جدول ۲ ترجیحات کمّی و کیفی برای مقایسه زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
بالاتر از ۹	نظر قطعی
۹	کاملاً برتر یا و یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی برتر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲،۴،۶،۸	ترجیحات بین فواصل فوق

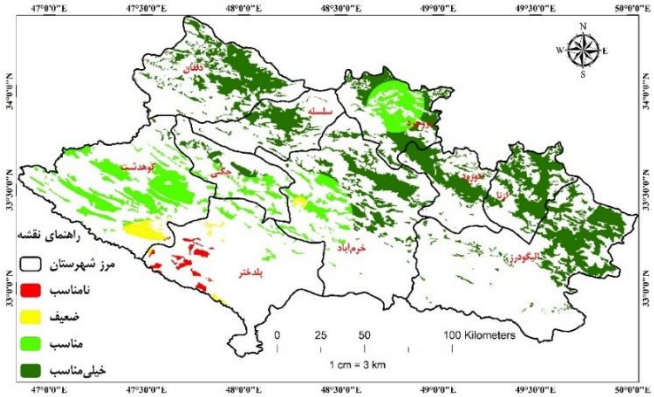
نحوه‌ی پهنه‌بندی اراضی زراعی

با اعمال وزن‌های تولیدی از روش ANP به عوامل اقلیمی (دمای میانگین، بیشینه و کمینه، نیاز آبی، تبخیر و تعرق و بارش مؤثر) لایه نهایی اقلیم، عوامل توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب) لایه نهایی توپوگرافی و عوامل خاکی (اسیدیته خاک، بافت، پتاسیم و فسفر قابل‌دسترس، ماده‌آلی و نیتروژن کل) لایه نهایی حاصلخیزی خاک منطقه مورد مطالعه به کمک ابزار حسابگر شبکه‌ای (Raster Calculator) در محیط GIS و سپس با ترکیب لایه‌های نهایی اقلیم، توپوگرافی، حاصلخیزی وزن‌دار شده نقشه نهایی اراضی زراعی برای کشت چغندرقند بهاره تولید شد. در پایان لایه‌های تهیه‌شده بر اساس ارزش فازی به چهار طبقه خیلی‌مناسب (۱–۰/۷۵)، مناسب (۰/۷۵–۰/۵۰)، ضعیف (۰/۵۰–۰/۲۵) و نامناسب (۰/۲۵–۰) تقسیم گردیدند (Pourhadian 2021a) به‌طوری که هر طبقه به‌ترتیب دارای توانایی ۱۰۰–۸۰، ۸۰–۶۰، ۶۰–۴۰ و کمتر ۴۰ درصد پتانسیل تولید این محصول بودند (Kazemi Poshtmasari *et al*. 2012) و با محاسبه مساحت هر پهنه، استعداد اراضی زراعی منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

سنجش توانایی اقلیمی برای کشت چغندرقند بهاره

بررسی نقشه‌های عوامل اقلیمی نشان داد دمای کمینه (با میانگین ۱۲/۱۷ درجه سانتی‌گراد و ارزش فازی ۰/۷۲)، دمای بیشینه (با میانگین ۳۱/۲۶ درجه سانتی‌گراد و ارزش فازی ۰/۶۴)، دمای میانگین (با میانگین۲۱/۷۲ درجه سانتی‌گراد و ارزش فازی ۰/۸۹)، تبخیر و تعرق (با میانگین ۱۰۳۵/۱۹ میلی‌متر و ارزش فازی ۰/۹۵)، بارش مؤثر (با میانگین۲۵/۷۲ میلی‌متر و ارزش فازی ۰/۸۰) و نیازآبی (با میانگین۱۰۰۹/۴۸ میلی‌متر و ارزش فازی ۰/۶۹) دارای شرایط متنوعی طی فصل رشد گیاه چغندرقند در محدوده اراضی زراعی بودند. تبخیر و تعرق با ایجاد شرایط خیلی‌مناسب در ۹۵/۷۱ درصد و دمای متوسط با ایجاد شرایط خیلی‌مناسب در ۹۰/۰۴ از اراضی بیشتر تأثیر مثبت و دمای بیشینه و بارش مؤثر به‌ترتیب با ایجاد محدودیت شدید (پهنه ضعیف + نامناسب) در ۲۷/۰۲ و ۱۵/۵۵ درصد از اراضی بیشترین تأثیر منفی را بر استعداد منطقه داشتند (جدول ۳). نقشه نهایی اقلیمی که از ترکیب تمام عوامل اقلیمی ذکرشده به‌دست آمد (شکل ۲) دارای ارزش فازی بین ۰/۱۲ تا ۰/۹۵ با میانگین۰/۷۷ بود و ۶۷/۲۲ درصد (معادل ۴۶۴۶۷۴/۵۹ هکتار) از محدوده مورد مطالعه دارای شرایط خیلی‌مناسب و ۱/۷۷ (معادل ۱۲۲۶۵/۷۴ هکتار) دارای شرایط نامناسب بود (جدول ۳).

نتیجه و بحث



شکل ۲ پهنه‌بندی اقلیمی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت بهاره چغندرقند

جدول ۳- اهمیت وزنی و ارزش فازی عوامل اقلیمی و پهنه‌های تناسب‌بندی آن‌ها برای کشت چغندرقند بهاره

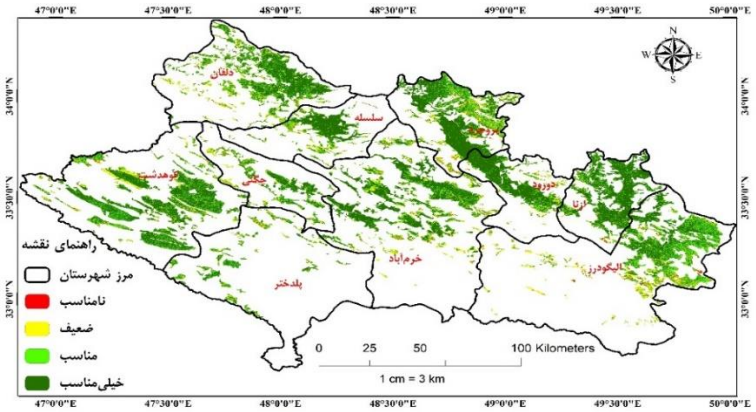
عوامل محیطی (دامنه تغییرات، واحد)	وزن	ارزش فازی	پهنه‌بندی عوامل	مساحت پهنه (هکتار)	درصد سطح پهنه
دمای کمینه	۰/۰۸۸۴	۱-۰/۱۵	خیلی‌مناسب	۳۱۴۹۲۰۶/۷۴	۴۵/۴۵
(۲۴/۷۵-۵/۶۵ سانتی‌گراد)			مناسب	۲۹۴۷۲۰/۲۱	۴۲/۶۳
			ضعیف	۷۷۶۵/۰۴	۱۱/۲۵
			نامناسب	۴۶۰۰/۴۴	۰/۶۷
دمای بیشینه	۰/۱۱۱	۰/۹۷-۰/۰۲	خیلی‌مناسب	۲۹۸۷۷۶/۶۹	۴۳/۲۲
(۳۹/۲۳-۲۸/۱۸ سانتی‌گراد)			مناسب	۲۰۵۶۹۵/۶۳	۲۹/۷۶
			ضعیف	۱۱۳۸۷۳/۰۴	۱۶/۴۷
			نامناسب	۷۲۹۴۷/۰۷	۱۰/۵۵
دمای متوسط	۰/۱۸۳	۱-۰/۰۶	خیلی‌مناسب	۶۲۲۴۴۷/۲۹	۹۰/۰۴
(۳۱/۹۹-۱۷/۱۱ سانتی‌گراد)			مناسب	۵۰۶۶۸/۲۹	۷/۳۳
			ضعیف	۶۹۸۲/۸۳	۱/۰۱
			نامناسب	۱۱۱۹۴/۰۲	۱/۶۲
بارش مؤثر	۰/۲۳۷	۱-۰/۰۳	خیلی‌مناسب	۴۸۵۹۷۷/۵۰	۷۰/۳۰
(۳۷/۷۲-۱۶/۲۹ میلی‌متر)			مناسب	۹۷۸۵۷/۹۰	۱۴/۱۶
			ضعیف	۸۴۲۳۸/۶۵	۱۲/۱۹
			نامناسب	۲۳۲۱۸/۳۸	۳/۳۶
نیاز آبی	۰/۳۱۱	۱-۰	خیلی‌مناسب	۲۵۱۷۷۱/۳۱	۳۶/۴۲
(۱۱۹۶/۳۳-۸۸۰/۵۷ میلی‌متر)			مناسب	۳۴۹۰۱۸/۱۱	۵۰/۴۹
			ضعیف	۷۱۶۰۰/۵۸	۱۰/۳۶
			نامناسب	۱۸۹۰۲/۴۳	۲/۷۳
تبخیر و تعرق	۰/۰۷۲	۱-۰/۱۲	خیلی‌مناسب	۶۶۱۶۱۳/۱۳	۹۵/۷۱
(۱۲۱۲/۸۳-۹۱۶/۳۴ میلی‌متر)			مناسب	۱۵۹۴۸/۱۸	۲/۳۱
			ضعیف	۸۵۱۲/۱۱	۱/۲۳
			نامناسب	۵۲۱۸/۳۸	۰/۷۵
پهنه‌بندی اقلیمی	۰/۴۹۳	۰/۹۵-۰/۱۲	خیلی‌مناسب	۴۶۴۶۷۴/۵۹	۶۷/۲۲
			مناسب	۱۹۴۹۵۰/۵۳	۲۸/۲۰
			ضعیف	۱۹۴۰۱/۵۷	۲/۸۱
			نامناسب	۱۲۲۶۵/۷۴	۱/۷۷

پورهادیان (Pourhadian 2021b) با ارزیابی تناسب اقلیمی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت ارزن علوفه‌ای دریافت ۲۹/۰۲ درصد از کل اراضی دارای شرایط خیلی‌مناسب، ۳۲/۷۲ درصد دارای شرایط مناسب و ۳۸/۲۶ درصد دارای شرایط ضعیف می‌باشند. ایشان بیان داشت دمای کمینه و میانگین به‌ترتیب بیشترین محدودیت ایجاد کردند. خسروی و همکاران (Khosravi *et al*. 2014) با بررسی تناسب محیطی شهرستان تربت‌حیدریه برای کشت چغندرقندبهاره گزارش کردند دما، بارش مؤثر، نیازآبی و تبخیر و تعرق به‌ترتیب با محدودیت شدید (پهنه متوسط + پهنه نامناسب) در ۲۵/۹۳، ۷۵/۷، ۸۱/۹ و ۸۳/۴ درصد وسعت محدوده‌ی مورد مطالعه می‌شوند.

سنجش توانایی توپوگرافی برای کشت چغندرقند بهاره

ارزیابی نقش‌های عوامل توپوگرافی حاکی از تنوع توانایی عوامل توپوگرافی مورد بررسی شامل شیب (با میانگین ۶/۵۴ درصد و ارزش فازی ۰/۷۶)، جهت شیب (۴ جهت اصلی، ۴ جهت فرعی و تخت با میانگین ارزش فازی ۰/۵۱) و ارتفاع از سطح دریا (با میانگین۱۶۹۲/۷۲متر و ارزش فازی ۰/۹۱) بود (جدول ۴). ارتفاع از سطح دریا با ایجاد شرایط خیلی‌مناسب در ۸۵/۹۲ درصد اراضی

دارای بیشترین تأثیر مثبت و جهت شیب با ایجاد محدودیت شدید (پهنه ضعیف + نامناسب) در ۵۰/۱۹ درصد از اراضی زراعی مورد مطالعه بیشترین اثر منفی را در توانایی تأمین نیاز چغندرقند داشتند و شیب باعث ایجاد شرایط خیلی‌مناسب و نامناسب به‌ترتیب در ۷۰/۰۵ و ۱۴/۱۶ درصد از اراضی گردید (جدول ۴). امکان‌سنجی نقشه نهایی توپوگرافی حاصل از سه عامل مورد مطالعه (شکل ۳) با ارزش فازی ۰/۰۶ تا یک را نشان داد ۶۱/۹۳ درصد (معادل ۴۲۸۱۰۵/۷۹ هکتار) دارای شرایط خیلی‌مناسب و ۲/۳۳ درصد (معادل ۱۶۰۹۶/۶۸ هکتار) دارای شرایط نامناسب بود (جدول ۴). بررسی عوامل توپوگرافی برای کشت سورگوم علوفه‌ای در اراضی استان لرستان نشان داد اراضی مورد بررسی دارای تنوع تناسب هستند (Pourhadian 2021a). خسروی و همکاران (Khosravi *et al.* 2014) دریافتند شیب باعث محدودیت بالا (پهنه متوسط + نامناسب) در ۲۲/۳ درصد اراضی شهرستان تربت‌حیدریه و همچنین ارتفاع زمین از سطح دریا در ۹/۵ درصد این اراضی، عاملی بر محدودیت کشت چغندرقند بهاره هستند.



شکل ۳ پهنه‌بندی توپوگرافی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت بهاره چغندرقند

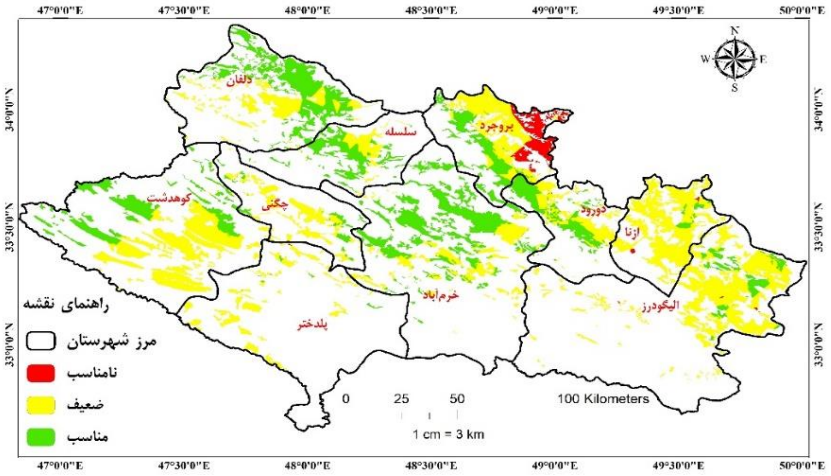
جدول ۴ اهمیت وزنی و ارزش فازی عوامل توپوگرافی و پهنه‌های تناسب‌بندی آنها برای کشت چغندرقندبهاره

عوامل محیطی (دامنه تغییرات، واحد)	وزن	ارزش فازی	پهنه‌بندی عوامل	مساحت پهنه (هکتار)	درصد سطح پهنه
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۶۳	۱–۰/۲۵	خیلی‌مناسب	۵۹۳۹۲۹/۸	۸۵/۹۲
(۳۴۵ تا ۳۱۱۹ متر)			مناسب	۹۶۴۲۳/۲۱	۱۳/۹۵
			ضعیف	۹۰۷/۱۱	۰/۱۳
			نامناسب	۳۲/۳۱	۰/۰۰۵
شیب	۰/۵۴۷	۱–۰	خیلی‌مناسب	۴۸۴۲۶۳/۰۹	۷۰/۰۵
(۶۸/۵– ۰ درصد)			مناسب	۷۸۷۶۳/۱۴	۱۱/۳۹
			ضعیف	۳۰۴۰۲/۸۱	۴/۴۰
			نامناسب	۹۷۸۶۳/۳۹	۱۴/۱۶
جهت شیب	۰/۱۹۰	۱–۰	خیلی‌مناسب	۱۸۰۵۹۷/۶۰	۲۶/۱۲
(۴ جهت اصلی، ۴ جهت فرعی و تخت)			مناسب	۱۶۳۷۳۷/۱۸	۲۳/۶۹
			ضعیف	۱۸۳۱۷۹/۷۹	۲۶/۵۰
			نامناسب	۱۶۳۷۷۷/۸۶	۲۳/۶۹
پهنه‌بندی توپوگرافی	۰/۱۹۶	۱–۰/۰۶	خیلی‌مناسب	۴۲۸۱۰۵/۷۹	۶۱/۹۳
			مناسب	۱۵۷۰۵۷/۸۳	۲۲/۷۲
			ضعیف	۹۰۰۳۲/۱۳	۱۳/۰۲
			نامناسب	۱۶۰۹۶/۶۸	۲/۳۳

سنجش توانایی حاصلخیزی اراضی برای کشت چغندرقند

تولید نقشه‌های عوامل خاک در محدوده اراضی زراعی استان لرستان برای کشت چغندرقند نشان داد خاک‌های اراضی دارای توانایی متفاوتی هستند، به‌طوری که خاک دارای ۱۰ نوع کلاس بافتی از ۱۲ کلاس اصلی خاک با میانگین ارزش فازی ۰/۸۵، فسفر قابل‌دسترس با میانگین ۱۱/۷۵ و ارزش فازی ۰/۶۵، پتاسیم قابل‌دسترس با میانگین ۳۲۲/۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و ارزش فازی ۰/۹۷، ماده‌آلی با میانگین ۱/۰۳ درصد و ارزش فازی ۰/۰۹، نیتروژن‌کل با میانگین ۰/۱ درصد با ارزش فازی ۰/۰۶ و اسیدیته با میانگین ۷/۷۳ و ارزش فازی ۰/۹۹ بود.

اسیدیته با ایجاد شرایط خیلی‌مناسب در ۱۰۰ درصد و پتاسیم قابل‌دسترس با ایجاد شرایط خیلی‌مناسب در ۹۴/۵۹ درصد اراضی بیشترین تأثیر مثبت و نیتروژن‌کل و ماده‌آلی با ایجاد شرایط نامناسب به‌ترتیب ۹۵/۰۲ و ۹۰/۶۴ درصد بیشترین اثر منفی را در استعداد منطقه داشتند (جدول ۵). نقشه حاصلخیزی خاک که از ترکیب عوامل خاکی مورد مطالعه به‌دست آمد (شکل ۴) دارای ارزش فازی ۰/۱۶ تا ۰/۷۴ بود و بیشترین سطح آن دارای شرایط ضعیف (۵۹/۰۳ درصد معادل ۴۰۸۰۹۸/۲۵ هکتار) و کمترین دارای شرایط نامناسب (۳/۰۶ درصد معادل ۲۱۱۱۷/۲۴ هکتار) بود (جدول ۵). سارگین و کاراجا (Sarğın and Karaca 2023) با ارزیابی اراضی منطقه طوسبای استان وان ترکیه برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) به کمک خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بهره‌وری خاک دریافتند ۲۸/۲۹ درصد دارای شرایط مناسب، ۳۹/۹۳ درصد دارای شرایط ضعیف و ۲۸/۱۷ درصد دارای شرایط نامناسب و مابقی دارای ارزش غیرزراعت بود. پورهادیان و همکاران (Pourhadian *et al.* 2019) با ارزیابی حاصلخیزی اراضی چهار حوضه کشاورزی استان گلستان برای کشت ذرت (Zea mays L.) با استفاده از GIS، منطق فازی و ANP گزارش کردند سهم پهنه‌های حاصلخیزی زیاد، متوسط و کم به‌ترتیب ۰/۰۴، ۵۹/۸۷ و ۴۰/۰۹ درصد بود. این پژوهشگران تنوع توانایی اراضی از نظر عناصر موردنیاز گیاه را در سطح مورد مطالعه به اثبات رسانند.



شکل ۴ پهنه‌بندی حاصلخیزی خاک اراضی زراعی استان لرستان برای کشت چغندرقندبهاره

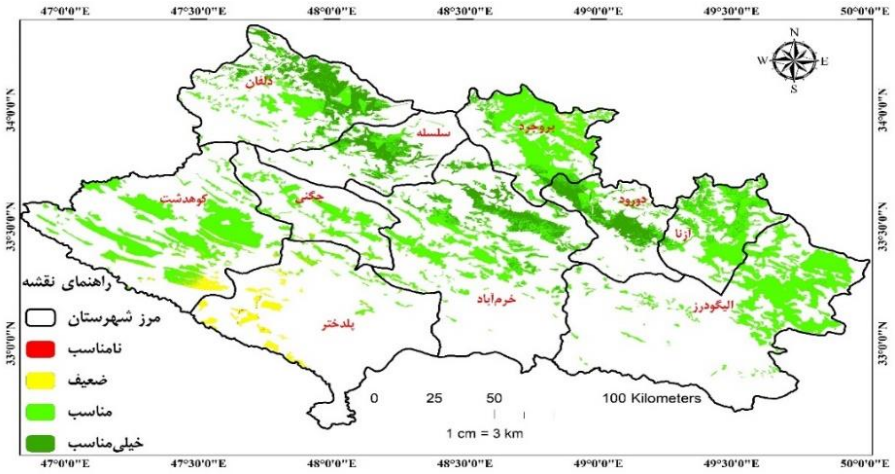
جدول ۵ اهمیت وزنی و ارزش فازی عوامل خاک و پهنه‌های تناسب‌بندی آنها برای کشت چغندرقند بهاره

عوامل محیطی (دامنه تغییرات، واحد)	وزن	ارزش فازی	پهنه‌بندی عوامل	مساحت پهنه (هکتار)	درصد سطح پهنه
بافت	۰/۲۱۲	۱–۰	خیلی‌مناسب	۵۶۵۲۳۰/۲۴	۸۱/۷۶
(۱۰ کلاس)			مناسب	۳۱۲۳۰/۳۶	۴/۵۲
			ضعیف	۱۰۱۹۴/۷۵	۱/۴۷
			نامناسب	۸۴۶۳۷/۰۸	۱۲/۲۴
پتاسیم قابل‌دسترس	۰/۰۷۷	۱–۰	خیلی‌مناسب	۶۵۳۸۸۵/۳۷	۹۴/۵۹
(۴۲۳/۸۰–۱۴۷/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم)			مناسب	۲۲۴۸۱/۶۴	۳/۲۵
			ضعیف	۱۱۵۱۵/۹۵	۱/۶۷
			نامناسب	۳۴۰۹/۴۷	۰/۴۹
فسفر قابل‌دسترس	۰/۱۰۶	۱–۰	خیلی‌مناسب	۲۴۸۳۰۸/۵۶	۳۵/۹۲
(۲۹/۳۳–۴/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)			مناسب	۲۳۹۸۰۵/۷۲	۳۴/۶۹
			ضعیف	۱۵۴۴۹۹/۴۰	۲۲/۳۵
			نامناسب	۴۸۶۷۸/۷۵	۷/۰۴
اسیدیته (pH)	۰/۱۱۹	۱–۰/۹۸	خیلی‌مناسب	۶۹۱۲۹۲/۴۳	۱۰۰
(۷/۹۸–۷/۴۴)			مناسب	–	–
			ضعیف	–	–
			نامناسب	–	–
ماده آلی	۰/۳۰۰	۰/۴۷–۰	خیلی‌مناسب	–	–
(۱/۴۷–۰/۵۲ درصد)			مناسب	–	–
			ضعیف	۶۴۷۰۷/۸۴	۹/۳۶
			نامناسب	۶۲۶۵۸۴/۵۹	۹۰/۶۴
نیتروژن کل	۰/۱۸۵	۰/۵۳–۰	خیلی‌مناسب	–	–
(۰/۱۸– ۰/۰۵ درصد)			مناسب	۹۰/۲۷	۰/۰۱
			ضعیف	۳۴۳۶۶/۲۳	۴/۹۷
			نامناسب	۶۵۶۸۳۵/۹۳	۹۵/۰۲
حاصلخیزی	۰/۳۱۱	۰/۷۴–۰/۱۶	خیلی‌مناسب	–	–
			مناسب	۲۶۲۰۷۶/۹۴	۳۷/۹۱
			ضعیف	۴۰۸۰۹۸/۲۵	۵۹/۰۳
			نامناسب	۲۱۱۱۷/۲۴	۳/۰۶

امکان‌سنجی نهایی اراضی برای کشت چغندرقند بهاره

نقشه نهایی توانایی اراضی استان لرستان برای کشت بهاره چغندرقند دارای ارزش فازی ۰/۲۱ تا ۰/۸۷ با میانگین ۰/۶۸ بود. ۲۱/۰۴ درصد اراضی دارای شرایط خیلی‌مناسب، ۷۴/۷۵ درصد دارای شرایط مناسب، ۴/۱۸ درصد دارای شرایط ضعیف و ۰/۰۳ درصد دارای شرایط نامناسب بودند (شکل ۵ و جدول ۶). بررسی پهنه‌به‌پهنه اراضی نشان داد که پهنه خیلی‌مناسب از بیشترین وسعت به کمترین وسعت به‌ترتیب شامل شهرستان دورود، سلسله، دلفان و خرم‌آباد می‌شود که بستر لازم را برای تولید عملکرد بالا دارا هستند. بررسی میدانی عملکرد توسط کشاورزان نیز مؤید این موضوع است. البته نکته‌ای که بایستی در این پهنه به آن اشاره کرد این است که ارزش فازی آن بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۷ بود. بنابراین شرایط تمام عوامل محیطی صد در صد خیلی‌مناسب نیستند و در مدیریت آنها (ماده‌آلی و نیتروژن‌کل) بایستی توجه لازم را مدنظر قرار داد (جدول ۳، ۴ و ۵). چرا که استفاده بهینه از توانایی ذاتی این پهنه با مدیریت اصولی و هدفمند حاصل خواهد شد. ارزیابی پهنه مناسب با ارزش فازی ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ نشان داد بخش وسیعی از تمام شهرستان‌ها به‌جزء شهرستان پلدختر و بخشی از جنوب شهرستان کوهدشت دارای شرایط این پهنه بودند (شکل ۵ و جدول ۶). بررسی تک‌به‌تک عوامل محیطی حاکی از کاهش ارزش فازی از پهنه

خیلی‌مناسب به پهنه‌های با ارزش کمتر به‌وسیله تبخیر و تعرق (۴/۲۹ درصد)، بارش مؤثر (۲۹/۷ درصد)، نیازآبی (۵۸/۶۳ درصد)، دمای بیشینه (۵۶/۷۸ درصد)، دمای کمینه (۵۵/۵۵ درصد)، دمای متوسط (۹/۹۶ درصد)، شیب (۲۹/۹۵ درصد)، جهت شیب (۷۳/۸۸ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (۱۴/۰۸ درصد)، بافت خاک (۱۸/۲۴ درصد)، فسفر قابل‌دسترس (۶۴/۰۸ درصد)، پتاسیم قابل‌دسترس (۵/۴۱ درصد) نیتروژن‌کل (۹۹/۹۹ درصد)، و ماده‌آلی (۱۰۰ درصد) داشت (جدول ۳، ۴ و ۵).



شکل ۵ پهنه‌بندی نهایی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت چغندرقند بهاره

جدول ۶ تناسب‌بندی نهایی اراضی زراعی استان لرستان جهت کشت چغندرقندبهاره

طبقه	ارزش فازی	مساحت (هکتار)	سهم هر طبقه (درصد)
خیلی‌مناسب	۰/۷۵ –۰/۸۷	۱۴۵۴۴۷/۶۵	۲۱/۰۴
مناسب	۰/۵۰ –۰/۷۵	۵۱۶۷۲۸/۲۵	۷۴/۷۵
ضعیف	۰/۲۵ –۰/۵۰	۲۸۹۰۷/۱۹	۴/۱۸
نامناسب	۰/۲۱ –۰/۲۵	۲۰۹/۳۴	۰/۰۳

بررسی پهنه ضعیف با ارزش فازی ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ با سهم ۵/۶۳ درصدی از کل اراضی مورد مطالعه بیشتر در اکثر اراضی شهرستان پلدختر، جنوب شهرستان کوهدشت و چگنی و شرق شهرستان بروجرد مشاهده شد (شکل ۵ و جدول ۶). از عوامل اقلیمی؛ بالا بودن دمای متوسط، دمای حداکثر، نیازآبی، تبخیر و تعرق و کم بودن بارش مؤثر در شهرستان پلدختر و جنوب کوهدشت و چگنی، از عوامل توپوگرافی؛ پایین بودن ارتفاع از سطح دریا (پایین بودن این عامل محیطی باعث افزایش دمای هوا شده و موجب تأثیر منفی بر کشت بهاره چغندرقند می‌گردد) و جهت شیب ضعیف و نامناسب و عوامل خاکی؛ ماده‌آلی، نیتروژن‌کل و فسفر قابل‌دسترس در تمام پهنه ضعیف، پتاسیم قابل‌دسترس و بافت خاک در شرق بروجرد باعث کاهش ارزش اراضی برای کشت چغندرقند از پهنه مناسب به ضعیف شدند. پهنه نامناسب با ارزش فازی ۰/۲۱ تا ۰/۲۵ با سهم ۰/۰۳ درصدی از کل اراضی زراعی استان لرستان در شهرستان پلدختر واقع گردید (شکل ۵ و جدول ۶). به‌جزء دمای کمینه، پتاسیم قابل‌دسترس، اسیدیته خاک بقیه عوامل محیطی در این پهنه موجب ایجاد شرایط نامناسب برای کشت بهاره چغندرقند در شهرستان پلدختر شدند.

استفاده ترکیبی از GIS و نرم‌افزارهای چند معیاره، بسترساز شناسایی عوامل مؤثر بر کشت هر گیاه در منطقه مورد مطالعه جهت به‌کارگیری الگوی کاشت مناسب است. تنوع تأثیر عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی در استان لرستان بر کشت ارزن علوفه‌ای (Pourhadian 2021b) و سورگوم علوفه‌ای (Pourhadian 2021a) در استان آذربایجان شرقی (Sobhani *et al*. 2020) و غربی (Parvin *et al*. 2017) و تربت‌حیدریه (Khosravi *et al*. 2014) بر کشت چغندرقند و دشت شادکام استان فارس بر کشت گندم (Azadi *et al*. 2023) گزارش شده است. بوداک و همکاران (Budak *et al*. 2024) با ارزیابی تناسب زمین برای تولید کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از اطلاعات عوامل توپوگرافی، خاک و اقلیم به کمک منطق فازی، AHP و GIS نشان دادند طبقات مناسب، ضعیف و نامناسب به‌ترتیب ۷۱/۳۴، ۱۸/۷۵ و ۹/۹ درصد از سطح مورد مطالعه را شامل شدند. این محققین گزارش کردند منطق فازی سنجش دقیقی از تناسب زمین برای کشت گیاه موردنظر فراهم می‌کند. صادق و همکاران (Sadiq *et al*. 2023) با مطالعه تناسب‌بندی اراضی منطقه حکومت محلی کودان در ایالت کادونای نیجریه برای کشت سویا (*Glycine max* L.) دریافتند ۱۴/۱۴ درصد از سطح منطقه دارای شرایط نسبتاً مناسب و بخش قابل‌توجهی (۸۳/۷۷ درصد) از آن ضعیف و مابقی (۲/۰۹ درصد) نامناسب است. این محققین اقدامات مدیریتی مانند ساخت‌وساز زهکشی، ادغام بقایای آلی با خاک و کاربرد کود مناسب برای بهبود تناسب زمین پیشنهاد کردند. کیلیچ و همکاران (Kılıc *et al*. 2022) ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم به کمک تکنیک‌های فازی–AHP و GIS در زیرحوضه توزانلی کشور ترکیه با استفاده از مشخصات توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب) و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت، اسیدیته، هدایت‌الکتریکی، آهک، ماده‌آلی و عمق خاک) بیان داشتند شرایط خیلی‌مناسب، مناسب، ضعیف و نامناسب دائمی به‌ترتیب ۲/۶۳، ۹/۸۵، ۳۲/۵۹ و ۵۴/۹۲ درصد از مساحت مورد مطالعه را شامل شدند. نتایج این محققین نشان داد که ادغام الگوریتم فازی–AHP و تکنیک‌های GIS روشی مفید برای ارزیابی دقیق تناسب زمین در برنامه‌ریزی برای تولید محصولات خاص و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی است.

نتیجه‌گیری

شرایط محیطی شامل اقلیم و توپوگرافی و خاک، شاخص‌های مطلوبی برای کشت انواع مختلف محصولات زراعی هستند. استان لرستان با توجه به شرایط محیطی که دارد، سرزمینی مناسب برای کشت چغندرقند است. بنابراین پتانسیل اراضی زراعی آن برای کشت چغندرقند بهاره با استفاده از ترکیب ANP، منطق فازی و GIS و عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناطق خیلی‌مناسب و مناسب ۹۵/۷۹ درصد و مناطق ضعیف و نامناسب ۴/۲۱ درصد از سطح اراضی مورد مطالعه را شامل می‌شوند. بنابراین نتایج حاصله نشان دهنده فراهم بودن محیط زراعی برای کشت گسترده چغندرقند در استان لرستان را نوید می‌دهد و کشاورزان با گسترش کشت و مدیریت بهینه و سرمایه‌گذاران و سازمان‌های دولتی و غیردولتی با فراهم کردن بستر لازم و خرید تضمینی این محصول می‌توانند نقش بارزی در تولید این محصول استراتژیک ایفا کنند.

References

منابع مورد استفاده

Amirian Chakan A. Spatial modeling of land suitability using fuzzy set theory and geostatistical techniques (Case study: Silakhor plain of Dorud city, Lorestan province). (PhD Thesis). Tehran University, 2011. [In Persian].

Annonymous. Agricultural statistics in 2022, Volume One: Crop Products. Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran. 2023; p.103. [In Persian].

Azadi A, Zareian Gh, Shakeri S. Digital mapping of soil fertility for some agricultural lands by using Fuzzy-AHP (FAHP) techniques and GIS in highly calcareous soil, southwest Iran. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2023, 54(20): 2885-2897. **doi:10.1080/00103624.2023.2245413.**

Azizi M, Mazreh H, Taleghani DF. Identification of prone areas to autumn cultivation of sugar beet in Lorestan and Ilam provinces based on temperature and precipitation. Journal of sugar beet. 2022; 38(1): 37-54. **doi:10.22092/JSB.2022.358534.1305.** [In Persian].

Bazugba IAJ, Massawe BH, Shitindi MJ, Deng PK. Land suitability evaluation for rainfed maize production using geospatial technologies in Nzara and Yambio counties, South Sudan. Journal of Soil Science and Environmental Management. 2023; 14(1):1-13. **doi:10.5897/JSSEM2023.0925.**

Budak M, Kılıç M, Günal H, Çelik I, Sırrı M. Land suitability assessment for rapeseed potential cultivation in upper Tigris basin of Turkiye comparing fuzzy and boolean logic. Industrial Crops & Products. 2024; 208: 117806. **doi:10.1016/j.indcrop.2023.117806.**

Choudhary K, Boori MS, Shi W, Valiev A, Kupriyanov A. Agricultural land suitability assessment for sustainable development using remote sensing techniques with analytic hierarchy process. Remote Sensing Applications: Society and Environment. 2023; 32: 101051. **doi:10.1016/j.rsase.2023.101051.**

Kazemi Poshtmasari H, Tahmasebi Sarvestani Z, Kamkar B, Shataei Sh, Sadeghi S. Agroecological zoning of agricultural lands in Golestan province for canola cultivation by Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP). Crop production. 2012; 5(1): 123-139. **doi:20.1001.1.2008739.1391.5.1.8.7.** [In Persian].

Khajehpour MR. Industrial plants. University Jihad of Isfahan University Technology Branch. 2013; pp. 564. [In Persian].

Khosravi M, Amani M, Hosseinzadeh Kermani M. Assessment of environmental suitability for sugar beet planting in Torbat-e- Heydarieh city using Geographic Information System (GIS). Journal of sugar beet. 2014; 30(1): 101-116. **doi:10.22092/JSB.2014.5944.** [In Persian].

Kılıc OM, Ersayın K, Gunal H, Khalofah Ah, Alsubeie MS. Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. Saudi Journal of Biological Sciences. 2022; 29: 2634-2644. **doi:10.1016/j.sjbs.2021.12.050.**

Nehbandani AR, Alizadeh- Dehkordi P, Dadrasi A, Filippi P, Hajjarpoor A. Global suitability analysis of current and future climates for rainfed wheat production. International Journal of Plant Production. 2023; 17: 597-592. **doi:10.1007/s42106-023-00254-3.**

Özkan B, Dengiz O, Turan İD. Site suitability analysis for potential agricultural land with spatial fuzzy multi‐criteria decision analysis in regional scale under semi‐arid terrestrial ecosystem. Scientific Reports. 2020; 10(1): 22074. **doi:10.1038/s41598-020-79105-4.**

Paravar E, Soltani A, Zeinali E, Kazemi H, Dadrasi A. Agro-ecological zoning of Iran for plant production. Iranian Journal of Field Crops Research. 2023; 21(2): 189-202. **doi:10.22067/JCESC.2022.78336.1195.** [In Persian].

Parvin N, Karami MR, Bozorgmansh A. Assessment south of West Azerbaijan lands for agricultural development and management of rural sustainable development using AHP and GIS and Aster images. Urban Management. 2017; 47: 107-118. [In Persian].

Pourhadian H, Kamkar B, Soltani A, Mukhtarpour H. Evaluation of water quality for corn cultivation using GIS, fuzzy logic and ANP (Case study: four basins of Golestan province). Crop Production Journal. 2019; 13(3): 1-12. **doi:10.22069/EJCP.2021.14056.2068.** [In Persian].

Pourhadian H. Feasibility of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivation post-harvest of autumn cereals in semi- arid regions using fuzzy logic. Cereal Research, 2021a; 11(2): 149-162. **doi:10.22124/CR.2021.19255.1654.** [In Persian].

Pourhadian H. Land suitability of Lorestan province lands for the double cropping of forage Millet using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and fuzzy logic. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 2021b; 13(4): 287-302. **doi:10.22034/SAPS.2021.42810.2576.** [In Persian].

Rahman Salari, K, Omidvari Sh. Study of the efficiency of geostatistical methods (kriging and IDW) in preparing the fertility map of Kamalvand plain of Khorramabad. International Conference on Architecture, Urbanism, Civil Engineering, Art, Environment; Future Horizons and retrospect, 2016 7 March; Iran: Tehran. 2016; P. 262. [In Persian].

Sadiq FK, Ya'u SL, Aliyu J, Maniyunda LM. Evaluation of land suitability for soybean production using GIS-based multi-criteria approach in Kudan Local Government area of Kaduna State Nigeria. Environmental and Sustainability Indicators. 2023; 20: 100297. **doi:10.1016/j.indic.2023.100297.**

Sarğın B, Karaca S. Land suitability assessment for wheat-barley cultivation in a semi-arid region of Eastern Anatolia in Turkey. PeerJ. 2023; 11: e1639. **doi: 10.7717/peerj.16396.**

Sarkar D, Saha S, Prolay Mondal P. Modelling agricultural land suitability for vegetable crops farming using RS and GIS in conjunction with bivariate techniques in the Uttar Dinajpur district of Eastern India. Green Technologies and Sustainability. 2023; 1: 100022. **doi:10.1016/j.grets.2023.100022.**

Sobhani B, Safarianzengir V, Tabatabaei B. Agroecological zoning of sugar beet cultivation cased on coil nutrients and climatic conditions (Case study: East Azarbayjan Province). Journal of Environmental Science and Technology. 2020; 22(95):95-107. **doi:10.22034/JEST.2020.28698.3741.**[In Persian].

Evaluation of land potential for spring sugar beet cultivation using geospatial technologies (Case study: agricultural lands of Lorestan province)

H. poorhadian[2]

(Received 3 Dec. 2023 ; Accepted 22 Jul 2024)

H. poorhadian.2024. Evaluation of land potential for spring sugar beet cultivation using geospatial technologies (Case study: agricultural lands of Lorestan province**). J. Sugar Beet. 39(2): 209- 222 (in Persian).**

Abstract

Identifying the potential of the lands of each region is the basis for the implementation of cultivation pattern and the optimal use of environmental conditions. The main goal of this study was to identify the potential of agricultural lands in Lorestan province for spring sugar beet cultivation. In this research, the combination of network analysis process (ANP), fuzzy logic and geographic information system (GIS) was used. In total, 15 factors including six climatic factors, three topographical factors and six soil factors, were used to identify suitable potential sites for sugar beet cultivation. Thus, after transferring the criteria information to the GIS environment, their raster layer was prepared and then they were fuzzy based on the ecological needs of sugar beet with the help of fuzzy logic. In order to determine the weight value of each criterion, the ANP approach was used. Subsequently, the final layers were produced by combining weighted layers and were divided into four classes: very suitable, moderately suitable, marginally suitable and unsuitable. It was identified that 17.04% of the total studied area for sugar beet cultivation was located in very suitable area and 76.75% in moderately suitable area, and marginally suitable and unsuitable areas occupied 4.18% and 0.03% of the areas, respectively. From climatic factors: maximum temperature (27.02%) and effective rainfall (15.55%), topography: aspect (50.19%) and slope (18.55%) and soil: total nitrogen (99.99%), material Organic (100%) and available phosphorus (29.39%) created the greatest limitation (marginally suitable and unsuitable zone) for spring sugar beet cultivation in the studied lands.

Keywords: Suitability, spring sugar beet, fuzzy logic, ANP, GIS

2Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran