

ارزیابی حاصلخیزی خاک‌های آهکی استان کرمانشاه

شاهرخ فاتحی^{۱*}، کمال خلخال^۲، احسان قلعه^۲، فرحناز کرمی^۲، جلال قادری^۳

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. رایانامه: shahrokh.fathi@gmail.com
۲. کارشناس محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۳. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

چکیده

خاک‌های آهکی به عنوان یکی از گسترده‌ترین انواع خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به ویژه در استان کرمانشاه، نقش مهمی در کشاورزی و پایداری منابع طبیعی ایفا می‌کنند. این مطالعه با هدف ارزیابی حاصلخیزی خاک‌های استان کرمانشاه در ۷۵۶ نمونه خاک انجام شد. نتایج نشان داد که بیش از ۶۲ درصد خاک‌ها دارای کربنات کلسیم معادل بالای ۲۵ درصد هستند که این موضوع محدودیت‌هایی مانند کمبود فسفر و روی را به دنبال داشت. بافت خاک‌ها عمدتاً نیمه‌سنگین و شامل لوم رسی سیلتی (۴۲/۳۶٪) و رسی سیلتی (۲۳/۵۱٪) بود. میزان کربن آلی خاک‌ها در بیش از ۶۹ درصد نمونه‌ها کمتر از ۱/۵ درصد بود که نشان‌دهنده ناپایداری حاصلخیزی خاک است. همچنین، ۷۳ درصد خاک‌ها دارای فسفر قابل جذب کمتر از حد بحرانی (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند، در حالی که پتاسیم قابل جذب در ۹۴ درصد خاک‌ها بالاتر از حد بحرانی بود. کمبود عناصر کم‌مصرف به ویژه روی در ۶۸ درصد خاک‌ها مشاهده شد. بنابراین استفاده از کودهای فسفره و روی، افزایش ماده آلی خاک از طریق افزودن کودهای آلی، مدیریت صحیح آبیاری و شخم عمیق برای کاهش محدودیت‌های خاک‌های آهکی و افزایش بهره‌وری کشاورزی در استان کرمانشاه پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: حاصلخیزی خاک، خاک آهکی، عناصر غذایی.

مقدمه

خاک‌های آهکی به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیمه‌گرمسیری در هر دو نیمکره جهان (مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند منطقه مدیترانه) توزیع شده‌اند (Bolan et al., 2023). خاک‌های آهکی تقریباً یک سوم از سطح زمین‌های جهان (Taalab et al., 2019) یا بیش از ۵۰۰ میلیون هکتار از خاک‌های سراسر جهان را پوشش می‌دهند (Mohamed and Omnia, 2021). بر اساس گزارش FAO خاک‌های آهکی ۶۵ درصد کل مساحت ایران را فرا گرفته است. بنابراین حاصلخیزی خاک‌های آهکی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در بهره‌وری کشاورزی و پایداری منابع طبیعی به شمار می‌رود. ارزیابی صحیح و علمی حاصلخیزی خاک‌ها، به ویژه در مناطق کشاورزی، نقش کلیدی در برنامه‌ریزی‌های زراعی، مدیریت بهینه مصرف کودها و افزایش تولید محصولات کشاورزی دارد. استان کرمانشاه به دلیل تنوع اقلیمی، گستردگی اراضی کشاورزی و اهمیت اقتصادی این بخش، نیازمند بررسی دقیق ویژگی‌های خاک و سطح حاصلخیزی آن است. خاک‌های استان کرمانشاه همانند اکثر کشور به دلیل آهکی بودن دارای کمبود فسفر و عناصر کم‌مصرف است. شناخت وضعیت حاصلخیزی خاک‌های این استان می‌تواند به شناسایی نقاط قوت و ضعف اراضی، بهبود مدیریت منابع خاک و آب و ارتقای بهره‌وری کشاورزی کمک شایانی نماید. در این راستا، ارزیابی جامع و علمی حاصلخیزی خاک‌های استان کرمانشاه، گامی اساسی در جهت توسعه پایدار کشاورزی و حفظ منابع طبیعی منطقه محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۷۵۶ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از مناطق مختلف کرمانشاه (شهرستان کرمانشاه، اسلام آباد غرب، هرسین، روانسر و کنگاور) تهیه شد. نمونه‌ها به بخش تحقیقات خاک و آب کرمانشاه منتقل و عمل هوا خشک کردن در دمای اتاق و به دور از تابش مستقیم نور خورشید انجام شد. بعد از خشک کردن، هر نمونه مرکب دوباره جهت تهیه خاک کاملاً همگن به‌طور کامل مخلوط شد. مقداری از نمونه‌های خاک هواخشک، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌هایی مانند بافت خاک، کربن آلی، درصد کربنات کلسیم معادل، غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز به روش‌های رایج در آزمایشگاه تعیین شد.

نتایج و بحث

کربنات کلسیم معادل یا آهک خاک

کربنات کلسیم یکی از خصوصیات مهم خاک می باشد که اغلب بایستی در زمان تفسیر نتایج برای ارزیابی حاصلخیزی، اصلاح و طبقه بندی خاک‌ها مورد توجه قرار گیرد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تنها حدود ۲ درصد خاک‌های استان کرمانشاه کربنات کلسیم کمتر از ۵ درصد دارند و بیش از ۶۲ درصد بالای ۲۵ درصد کربنات کلسیم دارند که نشان‌دهنده گستردگی خاک‌های آهکی در این استان است. اکثر خاک‌های ایران متأثر از کربنات کلسیم بوده و بیش از ۸۷ درصد خاک‌های اراضی کشاورزی کل کشور (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲) و بیش از ۹۸ درصد خاک‌های استان کرمانشاه (در این تحقیق)، بیشتر از ۵٪ کربنات کلسیم معادل دارند. خاک‌های آهکی از نظر حاصلخیزی جزء خاک‌های مشکل دار رده بندی می‌شوند. محدودیت‌های اصلی در خاک‌های آهکی شامل کمبود فسفر و عناصر کم‌مصرف (مانند آهن، روی و مس)، تشکیل پوسته سطحی و یک لایه فشرده زیرسطحی نفوذناپذیر است (Bolan et al., 2023; FAO, 2020). محدودیت‌های بهره‌وری خاک در خاک‌های آهکی را می‌توان با انتخاب و قرارگیری مناسب کودها، افزودن مواد آلی که تشکیل خاکدانه‌های پایدار را که مانع از پراکندگی و مقاومت در برابر تشکیل پوسته می‌شود، تقویت و شخم عمیق برای شکستن لایه فشرده شده، برطرف کرد و در نتیجه به ریشه‌ها اجازه دسترسی به آب خاک و عناصر غذایی زیر این لایه را داد (Bolan et al., 2023). بنابراین، در صورتی که بتوان محدودیت‌های خاک آهکی را تعدیل کرد در این صورت خاک آهکی جزء حاصلخیزترین خاک‌ها (به شرط وجود آب) خواهند بود.

جدول ۱. فراوانی آهک یا کربنات کلسیم معادل خاک در اراضی کشاورزی استان کرمانشاه

محدوده آهک	فراوانی آهک (%)
<5%	۱/۷۸
5-10%	۵/۸۲
10-25%	۲۹/۵۶
25-40%	۵۵/۷۴
40-60%	۷/۱۱
>60%	۰
	۱۰۰

بافت خاک

فراوانی بافت خاک در جدول ۲ برای اراضی کشاورزی استان کرمانشاه نشان داد که به ترتیب ۴۲/۳۶٪ خاک‌ها دارای بافت لوم رسی سیلتی، ۲۳/۵۱٪ بافت رسی سیلتی، ۱۴/۶۱٪ بافت لوم سیلتی، ۱۰/۷۶٪ بافت لوم رسی، ۳/۷۲٪ لومی، ۳/۳۲٪ رسی، ۰/۱۵۳٪ لوم رسی شنی و ۰/۵۳٪ لوم شنی بود. شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) گزارش کردند که در بین گروه‌های بافتی، بافت لوم

در خاک‌های کشور غالب می‌باشد (بیش از ۲۱ درصد خاک‌های کشور) و پس از آن بافت‌های لوم رسی (۱۷٪) و لوم رسی سیلتی (۱۴٪) قرار دارند. به صورت کلی بیشتر خاک‌های استان کرمانشاه دارای بافت نیمه سنگین با ظرفیت نگهداری آب متوسط تا بالا می‌باشد. این بافت‌ها معمولاً زهکشی متوسط دارند و نیاز به مدیریت دقیق آبیاری دارند تا از مشکلات زهکشی یا خشکی جلوگیری شود.

جدول ۲. فراوانی بافت خاک در اراضی کشاورزی استان کرمانشاه

ردیف	نوع بافت خاک	فراوانی (درصد)
۱	Si-C-L	۴۲/۳۶
۲	Si-C	۲۳/۵۱
۳	Si-L	۱۴/۶۱
۴	C-L	۱۰/۷۶
۵	L	۳/۷۲
۶	C	۳/۳۲
۷	Sa-C-L	۰/۵۳
۸	Sa-L	۰/۵۳

کربن آلی خاک

ماده آلی خاک، به عنوان یکی از موضوعات و چالش‌های مهم محیط‌زیستی در مقیاس جهانی در برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد نیز گنجانده شده است. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود از ۷۵۶ نمونه خاک استان کرمانشاه در ۵ شهرستان کرمانشاه، اسلام‌آباد، هرسین، روانسر و کنگاور، ۱/۴۶٪ مزارع دارای کربن آلی کمتر از ۰/۵، ۱۸٪ با کربن آلی ۰/۵ تا ۱، ۴۹/۶٪ با کربن آلی ۱ تا ۱/۵، ۲۳/۶۸٪ با کربن آلی ۱/۵ تا ۲ و ۷/۲۸٪ دارای کربن آلی بیشتر از ۲ درصد می‌باشد. میزان کربن آلی بیش از ۶۹ درصد خاک‌های استان کرمانشاه کمتر از ۱/۵ درصد است. مطابق با گزارش شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲)، ۷۵ درصد کربن آلی استان کرمانشاه و ۸۴٪ کربن آلی کل کشور کمتر از ۱/۵٪ است که نشان‌دهنده کمبود ماده آلی و کاهش حاصلخیزی خاک است. این موضوع می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی خاک و در نهایت کاهش عملکرد محصول شود. نتایج این تحقیق نشان داد تنها ۳۱ درصد خاک‌های استان کرمانشاه، کربن آلی بیش از ۱/۵ دارند و در حد بهینه است. میزان کربن آلی استان حکایت از ناپایداری حاصلخیزی خاک‌ها دارد. این مسئله با توجه به اهمیت ماده آلی در تولید محصولات کشاورزی و محیط زیست می‌تواند چالشی مهم برای آینده کشاورزی کرمانشاه و ایران باشد. عدم توجه به افزایش و نگهداری مواد آلی خاک می‌تواند در آینده نزدیک خسارات جبران ناپذیری به تولید پایدار کشاورزی وارد آورد.

جدول ۳. مقدار کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی استان کرمانشاه

ردیف	محدوده کربن آلی	کربن آلی خاک (درصد)
۱	۰/۵	۱/۴۶
۲	۰/۵-۱	۱۷/۹۹
۳	۱-۱/۵	۴۹/۶
۴	۱/۵-۲	۲۳/۶۸
۵	>۲	۷/۲۸
جمع		۱۰۰

غلظت فسفر و پتاسیم قابل جذب

کمبود فسفر در گیاهان، دومین مشکل عمده حاصلخیزی خاک در سراسر دنیاست. تخمین زده می‌شود که کمبود فسفر در حدود ۲ میلیارد هکتار از خاک‌های جهان سبب کاهش رشد گیاهان کشاورزی و پوشش گیاهی بومی در آنها می‌شود. بیشتر

این خاک‌ها در کشورهای فقیر قرار گرفته‌اند. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود ۷۳/۲۷ درصد اراضی دیم و آبی استان کرمانشاه میزان فسفر قابل جذب کمتر از حد بحرانی (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارند که این کمبود در مزارع آبی به دلیل کشت گیاهان متراکم و پرتوقع بیشتر است. مطابق با نتایج این تحقیق، شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) گزارش کردند که ۷۱/۸ درصد خاک‌های کشور و ۷۳ درصد خاک‌های استان کرمانشاه از نظر میزان فسفر قابل جذب گیاه کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. نتایج غلظت پتاسیم نشان داد که حدود ۹۴ درصد اراضی کشاورزی کرمانشاه، غلظت پتاسیم بالاتر از حد بحرانی (۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را دارند که بنظر می‌رسد نیاز به کوددهی ندارد (جدول ۴).

جدول ۴. غلظت فسفر و پتاسیم قابل جذب در مزارع آبی و دیم استان کرمانشاه

محدوده فسفر	تعداد کل نمونه	فراوانی فسفر (آبی و دیم)	محدوده پتاسیم	تعداد کل نمونه	فراوانی پتاسیم (آبی و دیم)
<۱۰	۳۲۵	۵۱/۱	<۱۲۰	۲	۰/۳۲
۱۰-۱۵	۱۴۱	۲۲/۱۷	۱۲۰-۲۵۰	۳۶	۵/۸۲
>۱۵	۱۷۰	۲۶/۷۳	>۲۵۰	۵۸۱	۹۳/۸۶
مجموع	۶۳۶	۱۰۰	مجموع	۶۱۹	۱۰۰

غلظت عناصر غذایی کم مصرف

غلظت عناصر غذایی کم مصرف در جدول ۵ نشان داده شده است. در بین عناصر کم مصرف به ترتیب بیشترین کمبود مربوط به روی (۶۸٪) < منگنز (۱۹٪) < مس (۱۱٪) < آهن (۱۰٪) است. شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) گزارش کردند که حدود ۶۹ درصد از اراضی کشور و ۵۰ درصد از اراضی کرمانشاه دارای کمبود روی هستند و در بین عناصر کم مصرف، کمبود روی در اولویت اول قرار دارد. کانی‌های کربناتی به دلیل حلالیت نسبتاً بالا، واکنش‌پذیری و خاصیت قلیایی، به صورت بافر عمل کرده و مقدار pH بیشتر خاک‌های آهکی در دامنه‌ای بین ۷/۶ تا ۸/۳ قرار دارند (Singare et al., 2022). مطالعات حاکی از آن است که نگهداری فسفر، منگنز، روی و مس در خاک رابطه مستقیمی با توزیع کربنات کلسیم کل و کربنات کلسیم فعال بین اجزای رس و سیلت خاک دارد. حضور ۱۰ درصد کربنات کلسیم فعال در خاک به معنی نگهداری شدید فسفر، منگنز، روی و مس در خاک است. میزان کربنات کلسیم و توزیع آن در ذرات با اندازه متفاوت بر خصوصیات فیزیکی خاک به ویژه روابط خاک-آب اثر دارد. به همین دلیل کربنات کلسیم نقش مهمی در فرایندهای خاکسازي، واکنش‌های شیمیایی، خصوصیات ریزوسفر و فراهمی عناصر غذایی بازی می‌کند.

جدول ۵. غلظت عناصر غذایی کم مصرف قابل جذب در اراضی کشاورزی استان کرمانشاه

فراوانی مس	محدوده مس	فراوانی منگنز	محدوده منگنز	فراوانی روی	محدوده روی	فراوانی آهن	محدوده آهن
۱۱/۱۱	<۱	۱۹/۲۲	<۸	۶۸/۱۷	<۱	۹/۸۵	<۴/۵
۸۸/۸۹	>۱	۸۰/۷۸	>۸	۳۱/۸۳	>۱	۹۰/۱۵	>۴/۵
۱۰۰	مجموع	۱۰۰	مجموع	۱۰۰	مجموع	۱۰۰	مجموع

نتیجه‌گیری

ارزیابی حاصلخیزی خاک‌های استان کرمانشاه نشان داد که خاک‌های آهکی با کربنات کلسیم بالا، بافت نیمه‌سنگین و کمبود قابل توجه فسفر و عناصر کم مصرف همچون روی، چالش‌های عمده‌ای برای کشاورزی منطقه ایجاد کرده‌اند. میزان پایین کربن آلی در اکثر خاک‌ها نیز بیانگر ناپایداری حاصلخیزی و نیاز مبرم به بهبود مدیریت مواد آلی خاک است. با وجود پتاسیم کافی در خاک‌ها، کمبود فسفر و عناصر کم مصرف مانند روی، منگنز، مس و آهن نیازمند توجه ویژه در برنامه‌های تغذیه خاک است. همچنین، نقش مهم کربنات کلسیم در واکنش‌های شیمیایی خاک و فراهمی عناصر غذایی، ضرورت مدیریت علمی و اصلاح خاک‌های آهکی را دوچندان می‌کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود با استفاده از کودهای فسفره و ریزمغذی‌ها، افزایش ماده آلی

خاک از طریق افزودن کودهای آلی و مدیریت صحیح آبیاری و شخم عمیق، محدودیت‌های خاک‌های آهکی کاهش یافته و بهره‌وری کشاورزی در استان کرمانشاه بهبود یابد. این اقدامات می‌تواند به توسعه پایدار کشاورزی و حفظ منابع طبیعی ارزشمند منطقه کمک شایانی نماید.

منابع

شهبازی، ع.، بشارتی کلایه، م. (۱۳۹۲). بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاکهای کشاورزی ایران. مدیریت اراضی، ۱(۱)، ۱-۱۵.

Bolan, N., Srivastava, P., Rao, C. S., Satyanaraya, P. V., Anderson, G. C., Bolan, S., ... & Kirkham, M. B. (2023). Distribution, characteristics and management of calcareous soils. *Advances in Agronomy*, 182, 81-130.

FAO. (2020). *Calcareous Soils and Their Management*. FAO Soils Bulletin No. 21. Rome.

Mohamed, I., & Omnia, A. M. (2021). Management of calcareous soils in arid region. *International Journal of Environmental Research*, 15(2), 109-125.

Singare, P., Meshram, N., & Kausadikar, H. (2022). Calcareous soil and their management: A review. *Just Agriculture*, 3, 1-6.

Taalab, A. S., Ageeb, G. W., Siam, H. S., & Mahmoud, S. A. (2019). Some characteristics of calcareous soils: A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 8(1), 96-105.

Evaluation of Fertility Status in Calcareous Soils of Kermanshah Province

Shahrokh Fatehi¹, Kamal Khalkhal², Ehsan Ghale², farahnaz Karmi², Jalal Ghaderi³

1. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources

Research and Education Center, AREEO, Iran. Corresponding Author's E-mail: shahrokh.fathi@gmail.com

2. Researcher Expert, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.

3. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.

Abstract

Calcareous soils, as one of the most widespread soil types in arid and semi-arid regions of the world, particularly in Kermanshah Province, play a crucial role in agriculture and natural resource sustainability. This study was conducted to evaluate the fertility of soils in Kermanshah Province using 756 soil samples. The results revealed that over 62% of the soils had an equivalent calcium carbonate exceeding 25%, leading to constraints such as phosphorus and zinc deficiencies. The soil texture was predominantly medium-heavy, with silty clay loam (42.36%) and silty clay (23.51%) being the most common. Organic carbon content was below 1.5% in more than 69% of the samples, indicating low soil fertility stability. Additionally, 73% of the soils had available phosphorus below the critical level (15 mg kg⁻¹), whereas 94% exhibited sufficient available potassium. Micronutrient deficiencies, particularly zinc, were observed in 68% of the soils. Therefore, the use of phosphorus and zinc fertilizers, increasing soil organic matter through the addition of organic amendments, proper irrigation management, and deep plowing are recommended to reduce the limitations of calcareous soils and enhance agricultural productivity in Kermanshah Province.

Keywords: Calcareous soils, Nutrients, Soil fertility.