19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

تأثیر گچ و آهک بر شاخص دکستر (S-index) در اقلیم خشک و نیمه خشک غرب ایران

آزاده صفادوست[۱]✉، ساهره صفرلکی[۲]، محمود رستمی نیا[۳] ، سیده بهاره عظیمی[۴]، سید روح الله موسوی[۵]

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. safadoust@basu.ac.ir

۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. saherehsafarlaki@gmail.com

۳. گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. m.rostaminya@ilam.ac.ir

۴. گروه پژوهشی ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران. azimib@rcesd.acir

۵. دانش آموخته دکتری مدیریت منابع خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. r_mousavi@ut.ac.ir

چکیده:

در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، ترکیبات کلسیم‌دار مانند گچ و آهک نقش مهمی در کیفیت فیزیکی خاک دارند. این پژوهش با هدف بررسی اثر این ترکیبات بر شاخص دکستر (S-index) که معیاری حساس برای سنجش پایداری ساختمان خاک است، روی ۱۰۰ نمونه خاک با بافت لومی تا لومی‌رسی و درصدهای متغیر گچ (۰ تا ۳۰٪) و آهک (۵ تا ۵۴٪) انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش میزان گچ و آهک باعث کاهش معنی‌دار در شاخص S می‌شود (به‌ترتیب r=-۰/۵۴ و r=-۰/۷۸، p<۰/۰۱)، که بیانگر کاهش پایداری ساختمان و افزایش ناپایداری خاک است. با توجه به شرایط خاک‌های منطقه، گچ نسبت به آهک تغییرات نامطلوب بیشتری در کیفیت فیزیکی خاک ایجاد کرد، هرچند یون کلسیم در شرایط دیگر می‌تواند به بهبود ساختمان و پایداری خاک‌دانه‌ها کمک کند. شاخص دکستر برابر با ۰/۰۲۴ است که کمتر از سطح بحرانی ۰/۰۳۵ بوده و نشان‌دهنده شکنندگی ساختان خاک و افزایش ناپایداری آن است. بر اساس این یافته‌ها، به‌منظور مدیریت پایدار خاک‌های مناطق خشک، توصیه می‌شود اقداماتی مانند افزایش ماده آلی، استفاده از گیاهان پوششی و بهبود زهکشی اجرا شود تا از تخریب ساختار خاک جلوگیری شده و پایداری فیزیکی آن حفظ گردد.

واژگان کلیدی: آهک، شاخص دکستر، کیفیت فیزیکی خاک، گچ، مدیریت خاک

مقدمه:

کیفیت فیزیکی خاک یکی از ارکان بنیادین در پایداری سیستم‌های کشاورزی و بهره‌وری منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. این ویژگی مستقیماً بر فرآیندهای کلیدی مانند رشد و توسعه ریشه، تبادل گازها، نفوذ و نگهداشت آب، و انتقال عناصر غذایی تأثیر می‌گذارد (Reynolds et al., 2020). ساختمان خاک، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت فیزیکی، تحت تأثیر عواملی چون نوع خاک‌دانه‌ها، پیوستگی ذرات و مقاومت در برابر فشردگی قرار دارد. پایداری ساختمان خاک نقش حیاتی در مقاومت آن در برابر فرسایش، فشردگی و کاهش نفوذپذیری ایفا می‌کند (Kodaparthi et al., 2024).

در دهه‌های اخیر، شاخص دکستر (S-index) که از منحنی رطوبت-مکش ($\theta-\psi$) استخراج می‌شود، به‌عنوان یک معیار کمی و حساس برای ارزیابی پایداری ساختاری خاک معرفی شده است (Dexter, 2004; Dexter & Czyz, 2007). این شاخص، شیب حداکثر منحنی آب-مکش را در نقطه عطف نشان می‌دهد و ارتباط مستقیمی با حساسیت خاک به تغییرات ساختمان خاک دارد. مقدار کمتر از ۰/۰۳۵ برای این شاخص، نشان‌دهنده ساختمانی ضعیف، شکننده و فشرده‌پذیر تلقی می‌شود (Dexter & Czyz, 2007).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، وجود ترکیبات کلسیم‌دار نظیر گچ ($CaSO_4, 2H_2O$) و آهک ($CaCO_3$) در خاک به وفور مشاهده می‌شود که تأثیرات چشمگیری بر رفتار فیزیکی خاک دارند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که حضور این ترکیبات می‌تواند با کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها، افزایش پراکندگی ذرات ریز و تضعیف تعاملات بین کلوئیدها، ساختمان خاک را شکننده‌تر و حساس‌تر به فرسایش و فشردگی سازد (Ebailila et al., 2022; Abdolvand and Sadeghiamirshahidi., 2024) . این تأثیرات معمولاً در خاک‌هایی با ماده آلی کم و شرایط مدیریتی ناپایدار بیشتر مشاهده می‌شود.

در مقابل، برخی مطالعات نیز به اثرات بهبود دهنده گچ و آهک در شرایط خاص خاک‌های منبسط شونده اشاره کرده‌اند، به‌ویژه زمانی‌که این ترکیبات همراه با افزودنی‌های مکمل مانند ژئوپلیمرها، ماده آلی، یا اصلاح‌کننده‌های سطحی به‌کار گرفته می‌شوند (Salih & Shafiqu, 2024). بنابراین، نقش این ترکیبات ممکن است وابسته به بافت، نوع کانی‌های رسی، میزان رطوبت و شرایط شیمیایی محیط باشد.

اگرچه تاکنون بررسی‌هایی در مورد اثر گچ و آهک بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شده است، اما داده‌های کمی و دقیق درباره رابطه مستقیم بین این ترکیبات و شاخص S ، به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک با بافت لومی تا لومی‌رسی، همچنان محدود است. درک این رابطه می‌تواند راهگشای تدوین راهکارهای مدیریتی مبتنی بر شواهد برای حفظ یا بهبود کیفیت فیزیکی خاک باشد.

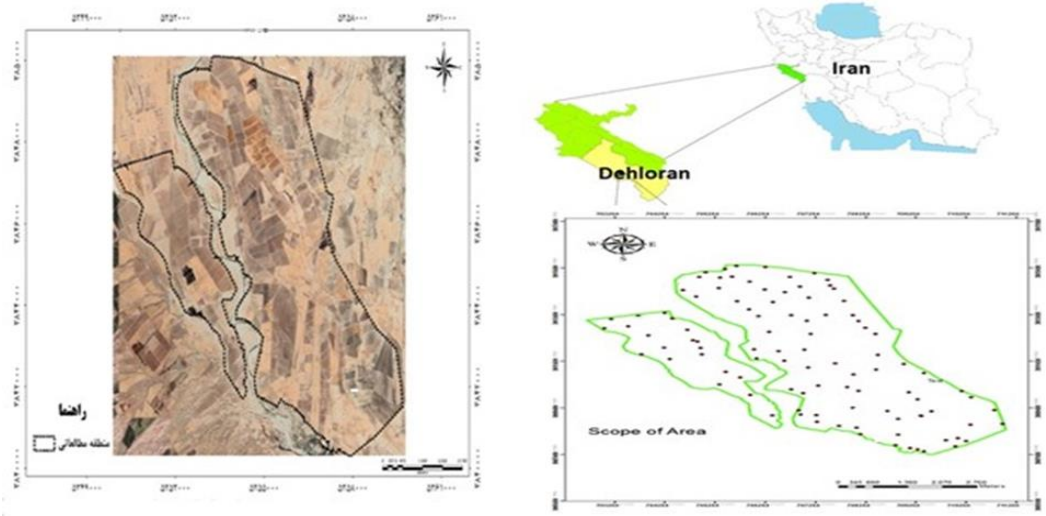
بنابراین، هدف این پژوهش بررسی اثر کمی درصد گچ و آهک بر شاخص دکستر (S-index) در نمونه‌هایی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این مطالعه می‌کوشد با تحلیل دقیق داده‌های حاصل از ۱۰۰ نمونه خاک، نقش ترکیبات کلسیم‌دار را در پایداری ساختمان خاک آشکار ساخته و بر این اساس، توصیه‌هایی علمی برای مدیریت پایدار خاک در اکوسیستم‌های خشک ارائه دهد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش در منطقه‌ای به وسعت ۳۰۰۰ هکتار در جنوب‌شرق استان ایلام و در نزدیکی شهر دهلران اجرا شد. رژیم رطوبتی منطقه از نوع یوستیک و رژیم حرارتی آن هایپرترمیک است. دشت دهلران نقش چشمگیری در تولید محصولات زراعی، به‌ویژه گندم و جو، در این شهرستان ایفا می‌کند. آبیاری این اراضی به‌صورت ثقلی و از طریق بند انحرافی رودخانه میمه صورت می‌گیرد، اما در کنار نبود داده‌های جامع خاک‌شناسی، عملیات تسطیح اراضی در سال‌های اخیر موجب تغییر ساختمان خاک و کاهش اعتبار داده‌های پیشین شده است. همچنین، وجود سازندهای گچی و شوری بالای منابع آبی از جمله محدودیت‌های محیطی مؤثر بر کاهش کیفیت و حاصل‌خیزی خاک به‌شمار می‌روند که در نهایت منجر به افت عملکرد محصولات زراعی شده‌اند (شکل های ۱ و ۲).

این ناحیه با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، متوسط بارندگی سالانه کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه بالای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، شرایط مناسبی برای بررسی خاک‌های دارای ترکیبات کلسیم‌دار فراهم می‌کند.

شکل ۱- گیاهان بومی و کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- موقعیت اراضی محدوده مطالعاتی و نقاط نمونه برداری

نمونه‌برداری خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در ۱۰۰ نقطه مختلف انجام شد. الگوی نمونه‌برداری بر اساس طرح مکعب لاتین مشروط (Conditioned Latin Hypercube Sampling) به‌منظور افزایش پوشش آماری و تنوع مکانی در پارامترهای خاک انجام گرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، آماده‌سازی اولیه شامل خشک‌کردن در هوای آزاد، عبور از الک ۲ میلی‌متر، و همگن‌سازی انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، تحلیل‌های فیزیکی و شیمیایی شامل اندازه‌گیری درصد گچ ($CaSO_4, 2H_2O$) با استفاده از روش تیتراسیون با اسید کلریدریک (Regional Salinity Laboratory, 1954) و کربنات کلسیم معادل ($CaCO_3$) با روش استات آمونیوم اشباع (Nelson and Sommers, 1982) صورت گرفت.

برای تعیین منحنی نگهداشت آب خاک، از دستگاه‌های جعبه شن و صفحه‌فشار در پتانسیل‌های مختلف (۰ تا ۱۵۰۰۰- سانتی‌متر) استفاده شد. منحنی‌های حاصل با مدل van Genuchten (۱۹۸۰) برازش داده شدند و شاخص دکستر (S-index) از مشتق منحنی در مقیاس لگاریتمی مکش محاسبه شد:

معادله (۱)
$$\theta = (\theta_{sat} - \theta_{res})[1 + (\alpha h)^n]^{-m} + \theta_{res}$$

که در این رابطه θ_s، θ_r، θ به ترتیب مقادیر رطوبت اشباع ($g\ g^{-1}$)، رطوبت باقی‌مانده ($g^1\ cg^{-1}$) و رطوبت خاک در مکش مورد نظر ($g^1\ g^{-1}$)، h مکش ماتریک (cm)، α پارامتر مرتبط با عکس مکش ورود هوا در نقطه عطف منحنی، n و m به ترتیب پارامترهای تجربی در ارتباط با توزیع اندازه منافذ می باشند. پارامتر m با فرض معلم به صورت m=1-1/n در نظر گرفته شد. پارامترهای مدل با استفاده از روش بهینه‌سازی غیرخطی (Nonlinear Least Squares) در نرم‌افزار RETC تخمین زده شدند. سپس، شاخص دکستر طبق رابطه زیر از مشتق منحنی رطوبتی در نقطه عطف (خمیدگی بیشینه منحنی) محاسبه شد:

معادله (۲)
$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res})\left[\frac{2n-1}{n-1}\right]^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}$$

در ادامه، برای بررسی رابطه بین S-index و درصد گچ و آهک، از ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل‌های رگرسیون ساده و چندگانه بهره گرفته شد. تمامی تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS 26 انجام و مفروضات مدل به‌دقت بررسی گردیدند تا امکان تفسیر دقیق‌تری از اثر ترکیبات کلسیم‌دار بر کیفیت فیزیکی خاک فراهم شود.

نتایج و بحث:

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که مقدار گچ در دامنه‌ای نسبتاً وسیع (۵/۱۴ تا ۲۹/۶۷درصد) قرار دارد که در اغلب نمونه‌ها از حد بحرانی ساختمان خاک فراتر می‌رود. همچنین، درصد آهک نیز در بسیاری از نقاط به بیش از ۳۰٪ می‌رسد. مقدار میانگین شاخص دکستر برابر با ۰/۰۰۲۴ به دست آمد که نشان می‌دهد اکثر نمونه‌ها از لحاظ کیفیت فیزیکی خاک در وضعیت ضعیف یا بحرانی قرار دارند.

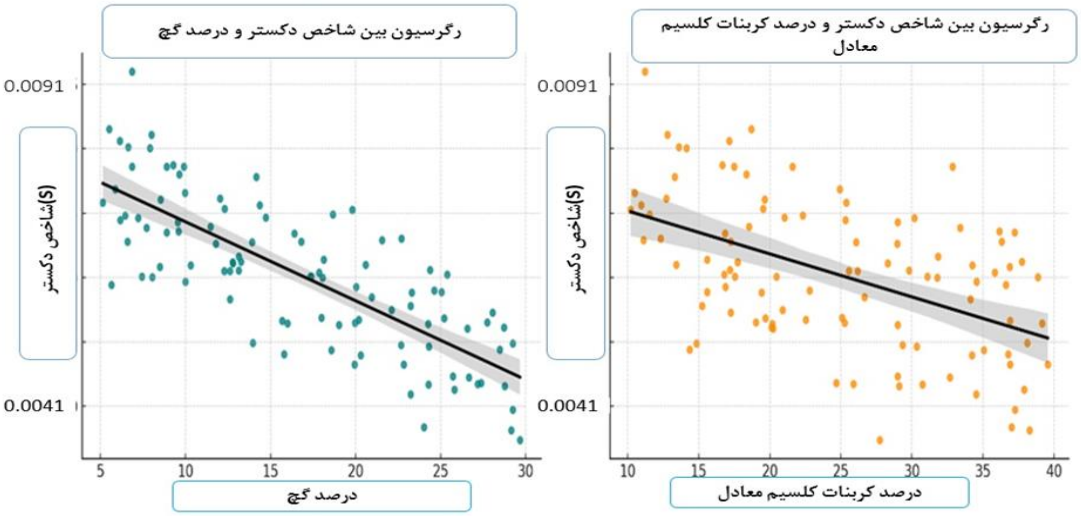
جدول ۱. آماره‌های توصیفی پارامترهای خاک و شاخص S

شاخص آماری	گچ (%)	آهک (%)	شاخص دکستر (S)
کمینه	۵/۱۴	۱۰/۲۱	۰/۰۰۰۴۱
میانه	۱۶/۶۰	۲۵/۱۷	۰/۰۰۲
میانگین	۱۶/۷۵	۲۴/۹۴	۰/۰۰۲۳۷
بیشینه	۲۹/۶۷	۳۹/۵۷	۰/۰۰۹۹
انحراف معیار (SD)	۷/۴۴	۸/۷۹	۰/۰۱۰

یافته‌های این پژوهش نشان داد که افزایش درصد گچ و آهک در خاک به‌طور معنی‌داری باعث کاهش شاخص دکستر می‌شود؛ این امر به تضعیف ساختمان فیزیکی خاک منجر شده و پایداری آن را در برابر تنش‌های محیطی کاهش می‌دهد. از منظر مکانیزم‌های

فیزیکوشیمیایی، در شرایط آزمایش حاضر، کاربرد گچ با افزایش رسانایی الکتریکی و تغییر در غلظت یون‌های کلسیم و سولفات، کاهش نسبی پیوستگی خاک‌دانه‌ها و تشکیل ساختاری نسبتاً شکننده را ایجاد کرد(Ebailila et al., 2022). از سوی دیگر، آهک با تأثیر بر بار سطحی ذرات و تغییر رفتار پراکندگی آن‌ها، تشکیل خاک‌دانه‌های پایدار را تحت شرایط خاص محدود نمود (Abdolvand & Sadeghiamirshahidi, 2024). این مکانیزم‌ها موجب ناپایداری بیشتر ساختمان خاک شدند، هرچند یون کلسیم در بسیاری از شرایط می‌تواند به تقویت ساختمان خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها کمک کند(Dexter, 2004; Dexter & Czyż, 2007) . تحلیل همبستگی نشان داد که شاخص دکستر با هر دو متغیر آهک (شکل ۳) و گچ (شکل ۴) رابطه منفی و معنی‌داری دارد. ضریب همبستگی بین درصد گچ و شاخص S برابر با r=۰/۶۵ (S=−0.0004×Lime+0.03, r= 0.65) و برای درصد آهک r =۰/۵۵ (S=−0.0004×Lime+0.03, r= 0.55) برآورد شد. این ضرایب نشان می‌دهند که گچ اثر منفی قوی‌تری نسبت به آهک بر کیفیت فیزیکی خاک دارد.

معادلات رگرسیون برای توصیف این روابط به‌شرح زیر است:



شکل۳-نمودار رگرسیون بین شاخص دکستر و درصد کربنات کلسیم معادل S=−0.0004×Lime+0.03 (r =۰/۵۵)

شکل۴-نمودار رگرسیون بین شاخص دکستر و درصد گچ S=−0.0006×Gypsum+0.035 (r=۰/۶۵)

در نمودارهای رگرسیون نیز مشخص شد که با افزایش درصد گچ و آهک، مقدار شاخص دکستر به‌طور خطی و قابل پیش‌بینی کاهش می‌یابد؛ موضوعی که اهمیت این شاخص در پایش کیفیت فیزیکی خاک را برجسته می‌سازد. براساس طبقه‌بندی Dexter و Czyż (2007)، مقادیر S کمتر از ۰/۰۳۵ بیانگر ساختاری ناپایدار و حساسیت بالا به فشردگی هستند. در این تحقیق، تمام نمونه‌ها در این محدوده بحرانی قرار گرفتند. علت اصلی این پدیده می‌تواند در رفتار فیزیکوشیمیایی گچ و آهک نهفته باشد. گچ با افزایش ناگهانی هدایت الکتریکی می‌تواند منجر به تشکیل ساختمان ناپایدارگردد: از طرفی آهک نیز با خنثی‌سازی بار سطحی ذرات ریز، می‌تواند از تشکیل خاکدانه‌های پایدار جلوگیری کند (Osman, 2018). مطالعات Al-Kayss (۲۰۲۱) نیز کاهش معنی‌دار شاخص‌های فیزیکی خاک نظیر شاخص S و میزان نفوذپذیری را در خاک‌های گچی و آهکی گزارش کرده است. این نوع خاک‌ها، به‌ویژه در

مناطق خشک و نیمه‌خشک، به دلیل ترکیب کانی‌شناسی خاص و غلظت بالای کربنات کلسیم و سولفات کلسیم (گچ)، ساختمان فیزیکی ضعیف‌تری نسبت به سایر خاک‌های دارند (Al-Riahi et al., 2024). شاخص S که نشانگر پایداری و کیفیت ساختمان خاک است، در این خاک‌ها به طور قابل توجهی پایین‌تر است؛ در واقع همانطور که اشاره شد در شرایط خاک‌های مورد مطالعه، حضور مواد سیمان‌کننده مانند آهک و گچ منجر به کاهش پیوستگی ذرات و تشکیل ساختمان خاک ناپایدار و نسبتاً شکننده شد، که احتمالاً ناشی از افزایش رسانایی الکتریکی، تغییرات یون‌های Ca^{2+} و SO_4^{2-} و تأثیر بر بار سطحی ذرات رسی بود (Ebailila et al., 2022; Abdolvand & Sadeghiamirshahidi, 2024; Dexter, 2004; Dexter & Czyż, 2007). با این حال، در بسیاری از شرایط دیگر، این مواد سیمان‌کننده می‌توانند با ایجاد پیوندهای کاتیونی بین ذرات و تقویت ساختمان خاک، پایداری خاک‌دانه‌ها را افزایش دهند.

.

مطالعات متعددی، از جمله پژوهش Reynolds و همکاران (۲۰۲۰)، نشان می‌دهند که خاک‌های آهکی و گچی به دلیل تخلخل کم، چگالی ظاهری بالا و پیوستگی نسبی ضعیف ذرات، توانایی کمتری در نگهداری آب دارند. تغییر در ساختمان خاک با تغییر در ظرفیت نگهداری آب، با کاهش پایداری خاکدانه‌ها همراه است و این امر می تواند منجر به مقادیر پایین‌تر شاخص دکستر (S) می‌شود، که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر خاک به فشردگی و کاهش کیفیت فیزیکی است.بنابراین، نیاز به مدیریت هدفمند و استفاده از روش‌های بهبود دهنده مانند افزودن مواد آلی، اصلاح‌کننده‌های فیزیکی (نظیر گچ در برخی موارد خاص یا پلیمرهای طبیعی)، و تغییر در روش‌های شخم‌زنی کاملاً مشهود است.

نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد که درصد بالای گچ و آهک در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک موجب کاهش معنی‌دار شاخص دکستر و افت کیفیت فیزیکی خاک می‌شود؛ شاخصی که به‌طور مستقیم با پایداری خاکدانه‌ها، تخلخل و نفوذپذیری مرتبط است و میانگین پایین آن (۰/۰۰۲) نشان‌دهنده ساختمان ناپایدار و حساس به فشردگی است. بر اساس نتایج، توصیه می‌شود راهکارهای مدیریتی نظیر افزایش ماده آلی، کاهش ترافیک زراعی، بهبود شرایط شور-سدیمی و استفاده از پوشش گیاهی اعمال شود. همچنین، ترکیب شاخص دکستر(S) ، که نشان‌دهنده کیفیت فیزیکی خاک و حساسیت آن به تغییرات تخلخل، پیوستگی ذرات و ظرفیت نگهداری آب است، می‌تواند با فناوری‌هایی مانند سنجش از دور و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مقیاس وسیع پایش شود. این ترکیب امکان شناسایی مناطق با کاهش کیفیت فیزیکی، پیش‌بینی حساسیت خاک به فشردگی و فرسایش، و مدیریت هدفمند خاک را فراهم می‌کند. این یافته‌ها بر ضرورت مداخلات هدفمند در خاک‌های آهکی و گچی برای تحقق کشاورزی پایدار تأکید دارند.

منابع:

Abdolvand, Y., & Sadeghiamirshahidi, M. (2024). Soil stabilization with gypsum: A review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 16(12), 5278-5296.

Al-Kayssi, A. W. (2021). Use of water retention data and soil physical quality index S to quantify hard-setting and degree of soil compactness indices of gypsiferous soils. *Soil and Tillage Research*, *206*, 104805.

Al-Riahi, S. M. H., Pauzi, N. I. M., Fattah, M. Y., & Abbas, H. A. (2024). Leaching-induced alterations in the geotechnical and microstructural attributes of clayey gypseous soils. *Ain Shams Engineering Journal*, *15*(7), 102865.

Dexter, A. R. (2004). Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. *Geoderma*, *120*(3-4), 215-225.

Dexter, A. R., & Czyż, E. A. (2007). Applications of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. *Land degradation & development*, *18*(4), 369-381.

Ebailila, M., Kinuthia, J., & Oti, J. (2022). Role of gypsum content on the long-term performance of lime-stabilised soil. *Materials*, *15*(15), 5099.

Kodaparthi, A., Ranjit, P., Deepu, P. G., Kaushik, D. M., Valli, L. A., Ashrutha, P., ... & Chepuri, K. (2024). Impact of regenerative agriculture on soil erosion. In *Prospects for Soil Regeneration and Its Impact on Environmental Protection* (pp. 269-295). Cham: Springer Nature Switzerland.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 539-579. In A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Osman, K. T. (2018). Saline and sodic soils. *Management of soil problems*, 255-298.

Salih, S. R., & Shafiqu, Q. S. M. (2024). The Effect of Adding Mixture of Gypsum-Lime with Geopolymer on the Properties of Swelling Soil. Civil and Environmental Engineering, 20(2), 978-992.

Regional Salinity Laboratory (US)., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). US Department of Agriculture.

Reynolds, W. D., Drury, C. F., Tan, C. S., Fox, C. A., & Yang, X. M. (2009). Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, *152*(3-4), 252-263.

Van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America journal*, *44*(5), 892-898.

The Effect of Gypsum and Lime on the Dexter Index (S-index) in Arid and Semi-Arid Climate of Western Iran

Azadeh Safadoust[1]✉, Sahereh Safarlaki[2], Mahmood Rostaminia[3], Seyedeh Bahareh Azimi[4], Seyed Roohollah Mousavi[5]

1. Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. E-mail: saherehsafarlaki@gmail.com
2. Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. E-mail: safadoust@basu.ac.ir
3. Soil and Water Department, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: m.rostaminya@ilam.ac.ir
4. Department of Environment, Research Group of Environmental Assessment and Risk, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Tehran, Iran. E-mail: azimib@rcesd.ac.ir
5. Former student of Soil Resource Management, Department of Soil Science and Engineering, Collage of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: r_mousavi@ut.ac.ir

Abstract:
In arid and semi-arid climates, calcium compounds such as gypsum and lime play an important role in the physical quality of soil. This study aimed to investigate the effect of these compounds on the Dexter index (S-index), a sensitive measure for assessing soil structure stability and its susceptibility to compaction. The research was conducted on 100 soil samples with loamy to loam-clay textures and varying percentages of gypsum (0 to 30%) and lime (5 to 54%). The results showed that increasing the amounts of gypsum and lime significantly decreased the S-index ($r = -0.54$ and $r = -0.78$, respectively; $p < 0.01$), indicating reduced structural stability and increased soil fragility. Considering the soil conditions of the region, gypsum caused more adverse changes in the physical quality of the soil compared to lime, although calcium ions can contribute to improving soil structure and aggregate stability under other conditions. The Dexter index was 0.0024, which is below the critical threshold of 0.035, indicating fragile soil structure and high sensitivity to compaction. Based on these findings, for sustainable soil management in dry regions, it is recommended to implement measures such as increasing organic matter, using cover crops, and improving drainage to prevent soil structure degradation and maintain its physical stability.
Keywords: Lime, Dexter index, Soil physical quality, Gypsum, Soil management