



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



تحلیل خطر منیزی شدن خاک‌های کشاورزی استان البرز در اثر بهره‌برداری بلندمدت از آب‌های زیرزمینی

لیلا اسماعیل نژاد^{۱*}، سعید سعادت^۲

۱- عضو هیات علمی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛*

esmaeelnejad.leila@gmail.com

۲- عضو هیات علمی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

این نوشتار به بررسی خطر منیزی شدن خاک‌های کشاورزی استان البرز در اثر استفاده بلندمدت از آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. با استفاده از داده‌های کیفیت آب ۹۵۰ چاه کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰، شاخص خطر منیزی شدن (MH)، محاسبه شد. بر اساس نتایج، در بسیاری از سال‌ها، مقدار MH از آستانه خطر عبور کرده و در بیش از ۳۶٪ نمونه‌ها، سطح خطر بالا مشاهده شد. ارتباط معنادار بین MH و EC نیز بیانگر اثر هم‌افزاینده شوری و منیزیم بر تخریب ساختار خاک است. همچنین بررسی مکانی چاه‌های کشاورزی نشان دادند که نواحی جنوبی و جنوب غربی استان در معرض بیشترین خطر منیزی شدن قرار دارند. بر اساس این نتایج، تدوین راهکارهای مدیریتی برای بهبود کیفیت آب و جلوگیری از تخریب ساختار خاک در استان البرز ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: کیفیت آب آبیاری، شاخص خطر منیزیم، خاک‌های کشاورزی، استان البرز

مقدمه

منابع آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب آبیاری در مناطق نیمه‌خشک مانند استان البرز محسوب می‌شوند. استفاده مستمر و بدون پایش از این منابع می‌تواند به تغییرات تدریجی در کیفیت آب به‌ویژه از نظر غلظت یون‌هایی مانند منیزیم منجر شود. منیزیم، در کنار کلسیم و سدیم، از عناصر کلیدی در تعیین کیفیت آب آبیاری به‌شمار می‌رود. با اینکه منیزیم برای رشد گیاه ضروری است، ولی مقادیر بیش از حد آن در آب آبیاری می‌تواند ساختار خاک را تخریب و نفوذپذیری را کاهش داده و در نهایت موجب سخت شدن خاک و افت تولید محصولات شود. شاخص MH^۱ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب است. این شاخص که از نسبت منیزیم به مجموع منیزیم و کلسیم به‌دست می‌آید، اگر از ۵۰ درصد فراتر رود، نشان‌دهنده خطر جدی برای ساختار فیزیکی خاک است. مطالعات متعددی در نقاط مختلف دنیا مانند هند، پاکستان، چین و حتی ایران (استان‌های قزوین، قم، و یزد) خطرات ناشی از منیزیم بالا را بر عملکرد خاک و گیاه نشان داده‌اند. استان البرز به‌دلیل ترکیب خاص لایه‌های زمین‌شناسی، اقلیم نیمه‌خشک و فشار بهره‌برداری زیاد از منابع آب زیرزمینی، مستعد افزایش غلظت منیزیم در منابع آبی است. این پژوهش با هدف تحلیل روند تغییرات شاخص MH در آب‌های زیرزمینی استان البرز، شناسایی مناطق بحرانی، و ارزیابی خطر منیزی شدن خاک‌های کشاورزی انجام شده است. در این راستا، علاوه بر بررسی آماری و مکانی شاخص MH، روابط آن با سایر پارامترهای کیفی آب مانند EC و نسبت Na/Ca نیز بررسی و نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی خطر تهیه شده است.

¹ Magnesium Hazard



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مواد و روش‌ها

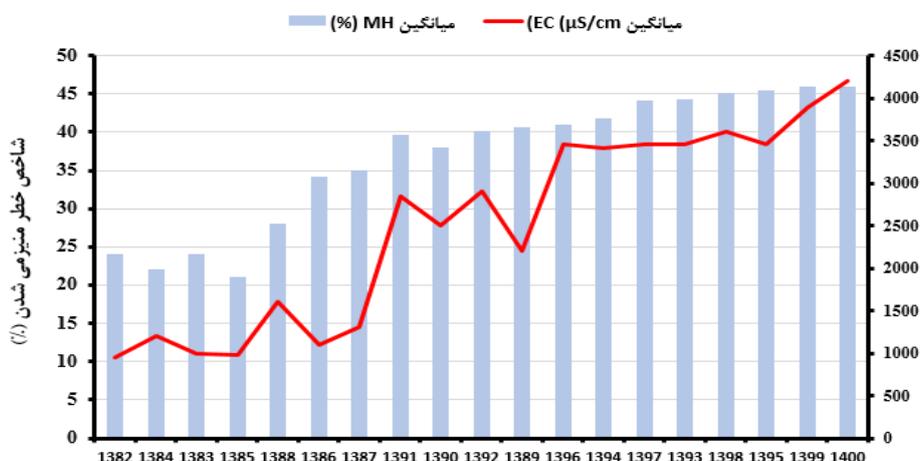
مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های کیفی بیش از ۹۵۰ حلقه چاه کشاورزی استان البرز مستخرج از سازمان مدیریت منابع ایران که در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰ برداشت شده بودند انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل کلسیم محلول (Ca)، منیزیم محلول (Mg)، سدیم محلول (Na) و هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری بودند. شاخص MH با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$MH = (Mg / (Ca + Mg)) * 100 \quad (1)$$

مقادیر یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند. سپس بر اساس مقادیر MH، آب‌های زیرزمینی به سه طبقه کم‌خطر (کمتر از ۰.۲۵٪)، با خطر متوسط (۰.۲۵-۰.۵٪) و پرخطر (بیش از ۰.۵٪) تقسیم شدند. برای تحلیل روند زمانی، از میانگین‌گیری سالانه و برای بررسی روابط بین MH و سایر ویژگی‌های آب از همبستگی پیرسون استفاده شد. نمودارها با استفاده از Python و Matplotlib ترسیم شدند. در این تحقیق از نرم‌افزار Excel برای محاسبات اولیه و از Seaborn و pandas برای تحلیل‌های آماری استفاده شد.

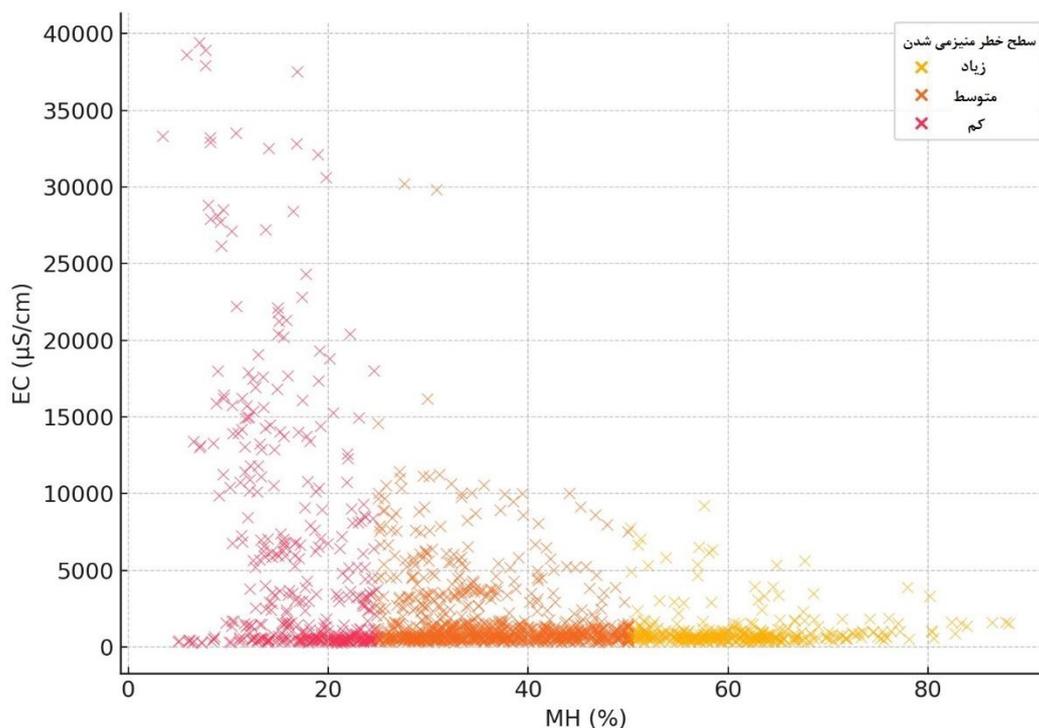
نتایج و بحث

شکل ۱ میانگین سالانه شاخص MH را در آب‌های زیرزمینی استان البرز در بازه ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، شاهد یک روند افزایشی تدریجی شاخص خطر منیزی شدن در این بازه بوده‌ایم که بیانگر تهدید تدریجی و پیوسته‌ای است که کیفیت آب آبیاری بر ساختار فیزیکی خاک وارد می‌سازد، به‌ویژه در سال‌هایی که هم‌زمان افزایش EC (نمودار خطی قرمز رنگ) نیز گزارش شده است. این مقدار نشان‌دهنده سطح بالای خطر منیزی شدن خاک در این سال‌هاست. بر اساس این طبقه‌بندی، مناطق با MH بالاتر از ۵۰٪ به‌عنوان نقاط بحرانی معرفی می‌شوند که نیاز به اصلاح فوری کیفیت آب دارند. این نتایج نشان‌دهنده وضعیت نگران‌کننده کیفیت آب از منظر خطر منیزی شدن خاک در برخی مناطق کشاورزی استان است.



شکل ۱- روند زمانی تغییرات شاخص خطر منیزی شدن در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۴۰۰

تحلیل داده‌های نقطه‌ای نشان داد که از میان بیش از ۹۵۰ چاه آب کشاورزی، ۳۶٪ در محدوده MH بالاتر از ۵۰٪ (خطر بالا)، ۴۱٪ بین ۲۵ تا ۵۰٪ (خطر متوسط) و تنها ۲۳٪ دارای MH کمتر از ۲۵٪ (خطر پایین) بودند (شکل ۲).



شکل ۲- سطح خطر منیزی شدن نمونه‌های آب چاههای کشاورزی استان البرز

ضریب همبستگی پیرسون بین EC و MH در سطح معنی‌داری ۹۵٪ برابر با ۰/۶۸ محاسبه شد که نشان‌دهنده همبستگی خوب این دو شاخص است. همچنین بین MH و نسبت Na/Ca نیز ضریب همبستگی ۰/۶۱ مشاهده شد که گویای تأثیر ترکیبی این یون‌ها بر ساختار خاک است. این روابط تأکید می‌کنند که ارزیابی MH به تنهایی کافی نیست و باید با سایر شاخص‌های کیفیت آب ترکیب و بررسی شود. این تحقیق به‌خوبی بیانگر پراکندگی گسترده خطر منیزی شدن خاکهای کشاورزی استان البرز در سال‌های پیش رو هم‌زمان با افزایش قابل توجه شوری خاک در اثر تغییر اقلیم و کاهش بارندگی‌ها است. گزارش‌های میدانی نیز از سخت شدن خاک سطحی، افزایش نیاز به اصلاح خاک و کاهش نفوذپذیری آب در خاک ارائه شده است. این نتایج با یافته‌های Rahmani et al. (2022) در دشت قزوین و Ramesh et al. (2014) در جنوب هند نیز هم‌راستا هستند. تداوم استفاده از آب‌های زیرزمینی با MH بالا موجب کاهش رشد ریشه، افزایش فرسایش سطحی و افت عملکرد محصولات شده و لزوم اصلاحات مدیریتی را دوجندان می‌کند. بنابراین، اقداماتی نظیر پایش دوره‌ای کیفیت آب، استفاده از منابع جایگزین با EC و MH کمتر، به‌کارگیری اصلاح‌کننده‌هایی مانند گچ کشاورزی، و تغییر در الگوی کشت جهت سازگاری با شرایط کیفی جدید ضروری به نظر می‌رسد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مناطق پرخطر، الگوی آبیاری از آبیاری سنگین و غرقابی به روش‌های موضعی مانند قطره‌ای تغییر یابد تا از پراکندگی ذرات خاک تخریب شده جلوگیری شود. همچنین، می‌توان با ترکیب آب‌های با منیزیم کمتر با آب‌های دارای خطر منیزیم بالا، خطر تخریب خاک را تا حد زیادی کاهش داد. در کنار این اقدامات، تقویت پایداری خاکدانه‌ها از طریق افزودن



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مواد آلی نیز بسیار کمک کننده خواهد بود. در نهایت، پایش مداوم آب و خاک و بررسی شاخص‌هایی مانند SAR و نسبت کلسیم به منیزیم اهمیت دارد تا بتوان در زمان مناسب اقدامات اصلاحی را انجام داد.

منابع:

- 1- Rahmani, A., Sarmadian, F., & Arefi, H. (2022). Digital mapping of top-soil thickness and associated uncertainty using machine learning approach in some part of arid and semi-arid lands of Qazvin Plain. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(3), 585-602. (In Persian with English abstract)
- 2- Ramesh, A., Sharma, S. K., Sharma, M. P., and *et al.* (2014). Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhattai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. *Applied Soil Ecology* 73: 87-96

ABSTRACT

This paper examines the risk of Magnesium hazard of agricultural soils in Alborz Province due to long-term groundwater use. Using water quality data from 950 agricultural wells between 2003 and 2013, the Magnesium hazard risk index (MH) was calculated. According to the results, in many years, the MH value exceeded the risk threshold and a high risk level was observed in more than 36% of the samples. The significant relationship between MH and EC also indicates the synergistic effect of salinity and magnesium on soil structure degradation. Also, a spatial survey of agricultural wells showed that the southern and southwestern regions of the province are at the highest risk of Magnesium hazard. Based on these results, it seems necessary to develop management strategies to improve water quality and prevent soil structure degradation in Alborz Province.

Keywords: Agricultural soils, Alborz Province, Irrigation water quality, Magnesium Hazard index

