

Investigation of some of the most important challenges facing agricultural lands in Khuzestan Province (Limitations of soil resources)

A. Azadi ^{*} , A. Jafarnejadi, and M. Goosheh

Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. a.azadi@areeo.ac.ir

Associate Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. arjafarnejadi@gmail.com

Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. amgoosheh@gmail.com

Received: August 2024 and Accepted: July 2025

Abstract

Study of soil conditions in agricultural lands and natural resources is essential for achieving both optimal resource management and maximum economic productivity. Studying the current soil conditions in Khuzestan Province, the present article investigates the most important challenges facing soil resources in Khuzestan Province and their limitations. The results of the ten-year (2011-2021) study based on approximately 1100 surface soil samples revealed that soil salinity in agricultural lands of the province is on the rise while absorbable nutrients and organic carbon concentrations are basically declining in the soils studied. This indicates that, despite all the management measures taken, soil conditions in the province do not favor agricultural production, which may be mainly attributed to soil resources mismanagement and improper planning. Moreover, about 200 study pedons from 140 land visits were reviewed to extract the distribution and percentages of land classes for each year of the study period. The results indicate that the highest number of land use change requests each year are recorded for new industrial developments and establishment of workshops and factories, tourism projects, fish and shrimp farming, national housing boom, and, finally, greenhouses. The range of changes in the land classes studied varies from class I (Arable) to VI (non- Arable) with different subclasses but the highest distribution of classes each year is related to classes V (undetermined Arable and with severe limitation) and III (Arable with moderate limitation). The majority of the V classes are spatially dispersed across the province, especially in the southern and western regions (such as the cities of Abadan, Mahshahr, etc.) and are related to soil salinity and alkalinity as soil limitations. It is, therefore, essential to localize and revise the methodology employed to determine the cultivability of agricultural lands and apply methods based on scientific findings and accurate expert experiences in order to prevent land use changes and to improve upon the preservation and management of lands with salinity and alkalinity problems. Thus, salinity, poor soil organic matter, reduced fertility, and erosion may be regarded as the major problems facing soil management in the province. It follows then that development of proper soil management measures and the related policies, enhanced investment in sustainable soil management, implementation of soil studies with special focus on effective training and education, and expansion of soil programs must be placed on any priority list.

Keywords: Salinity, Land use, Agriculture, Soil limitations

* - Corresponding author's email: a.azadi@areeo.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/lmj.2025.366322.361>

بررسی و تحلیل برخی از مهم‌ترین چالش‌های اراضی کشاورزی استان خوزستان (با تأکید بر محدودیت‌های منابع خاک)

ابوالفضل آزادی* , علیرضا جعفرنژادی و محی‌الدین گوشه

استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

a.azadi@areeo.ac.ir

دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

arjafarnejadi@gmail.com

استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

amgoosheh@gmail.com

دریافت: مرداد ۱۴۰۳ و پذیرش: تیر ۱۴۰۴

چکیده

مطالعه وضعیت خاک در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای مدیریت بهینه منابع و رسیدن به بهره‌وری اقتصادی بیشینه ضروری است. لذا در این مقاله ضمن بررسی وضعیت فعلی خاک‌های استان خوزستان، مهم‌ترین چالش‌های موجود و محدودیت‌های منابع خاک در این استان نیز بیان شده است. نتایج بررسی‌های انجام‌شده وضعیت خاک‌های استان در یک دوره ده‌ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) با برداشت بالغ‌بر حدود ۱۱۰۰ نمونه سطحی نشان داده است که شوری خاک اراضی کشاورزی در حال افزایش و غلظت قابل جذب عناصر غذایی و همچنین کربن آلی عمده‌تاً کاهش یافته است؛ که این موضوع بیانگر آن است که با وجود انجام تمام اقدامات مدیریتی در این استان، وضعیت خاک آن برای تولید و بهره‌برداری، چندان مناسب نبوده است. این موضوع عمده‌تاً به دلیل سوء مدیریت و عدم برنامه‌ریزی مناسب و پایدار مدیریت خاک است. همچنین بررسی نتایج وضعیت پراکنش تعداد کلاس‌های اراضی تعیین‌شده در هر سال که پس از بررسی حدود ۲۰۰ نیمرخ مطالعاتی حاصل از ۱۴۰ مورد بازدید اراضی استخراج شد، نشان می‌دهد که بیشترین درخواست‌های تغییر کاربری اراضی هر ساله به ترتیب مرتبط با احداث صنایع، کارگاه‌ها و کارخانه‌ها، طرح‌های گردشگری، پرورش ماهی و میگو، جهش ملی مسکن و نهایتاً احداث گلخانه است. دامنه تغییرات کلاس‌های طبقه‌بندی اراضی بررسی‌شده از کلاس‌های I (قابل کشت) تا VI (غیر قابل کشت) با تحت کلاس‌های مختلف متغیر است ولی بیشترین پراکنش کلاس‌ها در هر سال مربوط به کلاس‌های V (قابلیت کشت نامشخص و دارای محدودیت‌های زیاد) و III (قابل کشت با محدودیت‌های متوسط) است. لذا غالب کلاس‌های V تفکیک‌شده به‌ویژه در نواحی جنوبی و غربی استان (مانند شهرستان‌های آبادان، ماهشهر و ...) و مربوط به محدودیت شوری و قلیائیت خاک است. لذا جهت جلوگیری از تغییر کاربری و حفظ و مدیریت بهتر اراضی دارای مشکل شوری و قلیائیت، بومی‌سازی و بازنگری شیوه‌نامه مورد استفاده جهت تعیین قابلیت کشت اراضی کشاورزی و اعمال روش‌های مبتنی بر یافته‌های علمی و تجربیات کارشناسی دقیق ضروری است؛ بنابراین شوری، کمبود مواد آلی، کاهش حاصلخیزی، فرسایش و... از جمله مشکلات عمده خاک‌های استان است و در نتیجه توسعه استقرار حکمرانی خاک و سیاست‌های مرتبط با آن، توسعه سرمایه‌گذاری در مدیریت پایدار خاک، تحقیقات با تأکید بر خاک و آموزش مؤثر و بسط برنامه‌های خاک بایستی در اولویت باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری، کاربری اراضی، کشاورزی، محدودیت‌های خاک

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: a.azadi@areeo.ac.ir

نوع مقاله: مروری



مقدمه

کشور ایران با قرار گرفتن در محدوده خشک و نیمه‌خشک جهان و نیز با توجه به شرایط زمین‌شناسی و پستی و بلندی، دارای محدودیت‌های متنوع و گسترده‌ای در منابع خاک و اراضی است. این محدودیت‌ها با بهره برداری‌های غیراصولی و فشرده در طی چند دهه گذشته، موجب ایجاد چالش‌های فراوانی برای این منابع پایه و در نتیجه به خطر افتادن امنیت غذایی و سلامت جامعه شده است (Asadi et al., 2022). دشت خوزستان از لحاظ زمین‌شناسی جزء یکی از سه منطقه زمین‌شناسی زاگرس است که شامل بخشی از دشت وسیع بین‌النهرین است. رسوبات سطحی این دشت از فرسایش آبی بخش‌های بالا دست و از طریق سیلاب رودخانه‌های بزرگی چون کارون، دز و کرخه به دشت منتقل شده‌اند. شیب کلی دشت با اختلاف ارتفاعی بالغ بر ۴۰۰ متر، در امتداد شمالی جنوبی است. مواد مادری این خاک‌ها از رسوبات آبرفت‌های رودخانه‌ای حاصل شده است که برای هر رودخانه تقریباً دارای شرایط نسبتاً یکسانی است (Jafari and Nadian, 2014) که این خاک‌ها از بخش شمالی تا جنوبی به دلیل توزیع اندازه ذرات دارای اختلافاتی است.

استان خوزستان به دلیل برخورداری از منابع غنی آب‌و خاک از دیرباز همواره به‌عنوان قطب کشاورزی مورد توجه بوده است. از آنجایی که طی سالیان متمادی نواحی با خاک‌های دارای کیفیت بهتر و مرغوب‌تر به زیر کشت رفته است لذا توسعه و اجرای طرح‌های جدید کشاورزی با هدف تولید محصولات کشاورزی و به دنبال آن تأمین غذا برای جمعیت رو به رشد موجب شده است تا بهره‌برداری از اراضی با خاک‌های دارای کیفیت نامناسب‌تر و نامرغوب به ناچار مورد توجه و در دستور کار قرار گیرد. بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از چنین خاک‌های شدیداً آسیب‌پذیر و مسئله‌دار در استان خوزستان (به‌ویژه نواحی جنوبی و غرب استان نظیر آبادان، خرمشهر، جنوب اهواز و ...) که عمدتاً شوری و نمک‌های محلول مشکل آن‌ها است،

همان‌طور که تجربه سالیان اخیر نشان داده است، باعث ایجاد آلودگی منابع آب آبیاری و افزایش مجدد املاح و نمک‌های محلول خاک در پایین‌دست و تخریب محیط‌زیست شده است (Zare et al., 2017).

تغییرات اقلیمی کشاورزی را دستخوش تغییر کرده و باعث شده کربن به‌جای خاک در اتمسفر باشد، دنیا در حوزه خاک دچار محدودیت و چالش است و این موضوع فقط مختص استان خوزستان نبوده و یک چالش ملی و جهانی است. به‌طوری‌که جمعیت ایران حدود ۱/۱ درصد جمعیت جهان و سطح کل اراضی کشاورزی آن کمتر از ۰/۴ درصد از اراضی کشاورزی دنیا است. در حال حاضر، سرانه زمین‌های کشاورزی در ایران بر اساس اراضی در چرخه تولید، حدود ۰/۱۶ هکتار است. به عبارتی از ۱۶۵ میلیون هکتار وسعت کشور، تنها حدود ۷۹ میلیون هکتار سطح کشور پوشیده از خاک است و میزان خاک‌های درجه یک اراضی آبی کشور که در حال حاضر فاقد هرگونه محدودیتی حدود ۱/۲ میلیون هکتار است (Roozitalab et al., 2018)، از طرف دیگر در بخشی از کره زمین با محدودیت آب واقع شده‌ایم و قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک زمین نیز مزید بر علت است. هر چند که همین منابع اندک خاک به شکل‌های گوناگون از نظر کمی و کیفی دارای روند قهقراپی است. فرسایش خاک، تغییر کاربری اراضی مناسب، گسترش شوری، کاهش بنيه حاصلخیزی، فقر مواد آلی، روش‌های نامناسب شخم و عملیات زراعی، فقدان قوانین و ضوابط جهت استفاده مناسب و جلوگیری از تخریب و آلودگی خاک، ورود آلاینده‌ها به خاک و اثرات ناشی از تغییر اقلیم، از جمله مسائلی هستند که کمیت و کیفیت منابع خاک را تهدید می‌کنند؛ بنابراین در راستای دستیابی به مدیریت پایدار منابع خاک و جلوگیری از اتلاف آن دو استراتژی عمده وجود دارد: ۱- احیا خاک‌ها و اکوسیستم‌های تخریب‌شده ۲- به‌کارگیری فناوری‌های کشاورزی سازگار و بهسازی آن‌ها. به‌منظور نیل به این استراتژی‌ها برخی راهکارهای عملی عبارت‌اند از: الف- جنگل‌کاری و مدیریت پوشش‌های

غربی استان است، تقریباً دارای شیب کم و سه پنجم مساحت کل استان را شامل می‌شود. میانگین بارندگی سالانه ۲۶۶ میلی‌متر و دوره‌ی بارندگی معمولاً بین مهرماه تا اردیبهشت‌ماه است. اندازه‌ی میانگین و بیشینه‌ی دما در دوره‌ی گرما به ترتیب ۳۱/۲ و بیش از ۵۰ درجه سلسیوس است. استان خوزستان از نظر تقسیم‌بندی دوما رتن گسترده شش اقلیم مهم فرا سرد نیمه‌خشک، معتدل مدیترانه‌ای، معتدل خشک بیابانی، گرم نیمه‌خشک، گرم خشک بیابانی و گرم فرا خشک دارد. مهم‌ترین اقلیم استان گرم خشک بیابانی و سپس اقلیم‌های گرم خشک و گرم نیمه‌خشک است (Soleimani et al., 2023).

مسائل و مشکلات موجود در خاک‌های استان خوزستان

استان خوزستان به سبب برخورداری از شرایط اقلیمی متنوع همراه با دمای متوسط سالیانه ۲۴ درجه، جریان رودخانه‌های بزرگ مثل کارون، جراحی، کرخه و دز سهم بالایی در حجم آورد سالیانه آب ایران دارد (معادل ۳۲ میلیارد مترمکعب که رقمی معادل ۳۳ درصد از منابع آب های سطحی کشور است). از سویی دیگر وجود اراضی حاصلخیز و مستعد با مساحتی معادل ۲/۲ میلیون هکتار (۳۴ درصد کل استان) سبب شده، استان خوزستان از لحاظ کشاورزی همواره از ظرفیت و توانایی بالای برخوردار باشد (Banj Shafiei et al., 2020).

وضعیت تکامل خاک‌های استان

شیب کلی دشت خوزستان، شمالی- جنوبی است که این امر، سبب اختلاف ارتفاع بین بخش‌های شمالی و جنوبی دشت می‌گردد. این اختلاف ارتفاع به همراه سطح آب زیرزمینی و سطوح زهکشی درونی و بیرونی متغیر خاک‌ها در بسیاری از بخش‌های دشت خوزستان، تغییراتی را در بافت خاک‌ها، شور و سدیمی شدن آن‌ها، شرایط اکسیداسیون و احیا و تشکیل مائل و غیره ایجاد می‌نماید. علت اصلی فرایند شور و سدیمی شدن اراضی به پست بودن آن نسبت به سطح دریا، عدم امکان زهکشی به واسطه لایه غیرقابل نفوذ، آبیاری بی‌رویه اراضی و تبخیر شدید آب

گیاهی ب- احیا خاک‌های شور، دارای حاصلخیزی پایین و آلوده ج- توسعه روش‌ها و سامانه‌های مناسب شخم مثل شخم حفاظتی، به‌کارگیری مالچ‌ها و دیگر بقایای گیاهی د- مدیریت تلفیقی کودها و استفاده متعادل آن‌ها ذ- استفاده از روش‌های مناسب حفاظت آب شامل آبیاری قطره‌ای، نیمه آبی، بازیابی آب و مدیریت سفره آب زیرزمینی ر- بهبود سامانه‌های زراعی/ تولیدی و غیره (Amini Nesab, 2004).

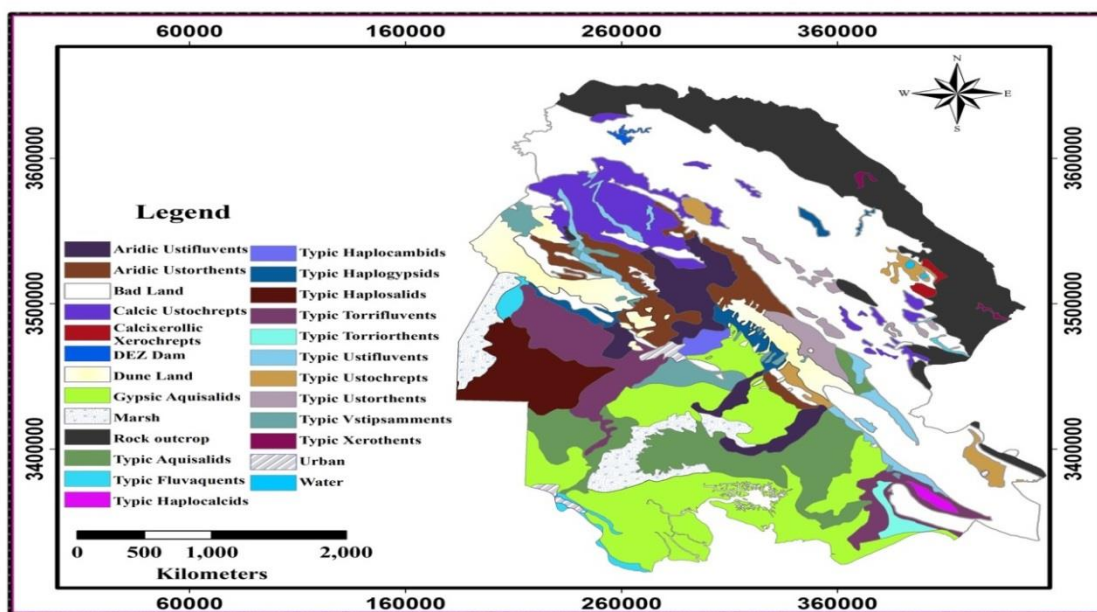
با توجه به مطالب گفته شده اهمیت و ضرورت مطالعه حاضر از آنجا بیش‌ازپیش نمایان می‌شود که بر طبق آخرین گزارش رسمی وزارت جهاد کشاورزی (آمارنامه، ۲۰۲۲)، استان خوزستان با تولید ۱۶/۷۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی کشور به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور شناخته شده است و اگر چالش یا نقطه عطفی در این حوزه وجود داشته باشد بر راندمان تولید کشور تأثیر خواهد داشت، ازاین‌رو توجه به بخش کشاورزی و توسعه آن، در این استان می‌تواند مانع از بروز مهاجرت‌های روستایی و شکاف‌های منطقه‌ای شود و زمینه ساز رشد، ثبات و تداوم توسعه ملی گردد (Mullayi Hashjin and Mullaee Pardeh., 2014)؛ بنابراین این مطالعه با هدف مرور و بررسی وضعیت خاک‌های استان خوزستان و بیان مهم‌ترین چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک پیش رو در استان که نوعی تهدیدی جهت تأمین امنیت غذایی می‌باشند تبیین شده است.

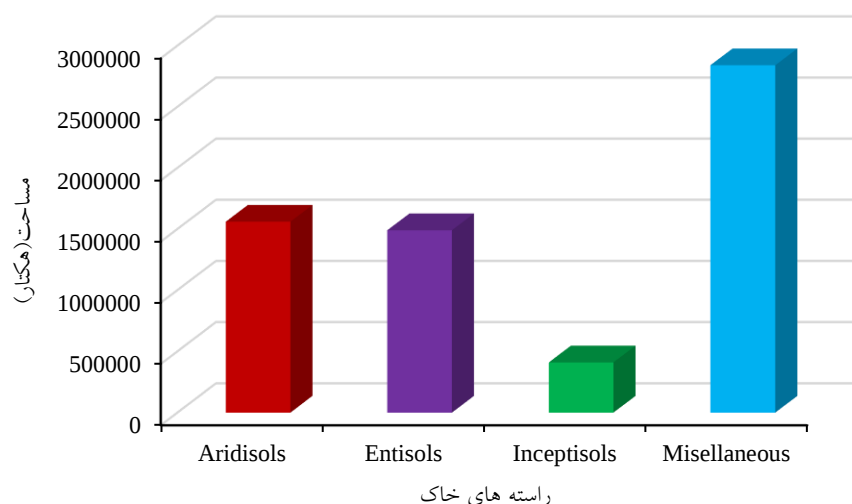
منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت حدود ۶۴۰۰۰ کیلومترمربع، از مناطق کوهستانی شمالی و شرقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک در جنوب غربی ایران است. شمال و شرق استان خوزستان را سلسله کوه‌های زاگرس محصور کرده است. از لحاظ پستی و بلندی استان را می‌توان به دو منطقه‌ی کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم کرد، که منطقه‌ی کوهستانی عمدتاً در شمال و شرق استان است و حدود دو پنجم مساحت کل استان (بالغ بر ۲۵۶۰۰ کیلومترمربع) را شامل می‌شود. منطقه‌ی جلگه‌ای که شامل جنوب و جنوب

کردند. به‌طورکلی خاک‌های خوزستان جوان هستند و فعل و انفعالات زیادی روی آن‌ها انجام نشده است و تکامل خاک‌ها از پیشرفت قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیست و مطابق با نقشه ارائه‌شده در شکل ۱ عمده رسته‌های خاک موجود در استان خوزستان به ترتیب فراوانی رسته ایدی سولز، انتی سولز و اینسپتی سولز می‌باشند (Taherzadeh et al., 2003). به‌طورکلی بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بخش‌های جنوبی استان حداکثر تحول خاک به تشکیل افق سالیک مربوط می‌گردد و با حرکت به بخش‌های شمال استان (از شاوور به سمت اندیمشک و ...)، با افزایش ارتفاع از سطح دریا و بهبود شرایط زهکشی، شوری اراضی نسبتاً کاهش می‌یابد و خاک دارای افق تکامل یافته تری با سولوم ضخیم‌تر است. این اراضی دارای اپی‌پدون اکریک و افق‌های کمبیک و گاه کلسیک می‌باشند؛ که بهبود شرایط زهکشی در این بخش از منطقه، سبب انتقال کربنات‌ها از سطح به عمق شده است (Jafari and Nadian, 2014).

از سطح خاک است (Jafari et al., 2010). به‌طوری‌که در خاک‌های اراضی با واحد فیزیوگرافی پست، به‌واسطه تبخیر شدید سطحی، خاک دارای تجمع شوری و افق سالیک است. در بخشی از اراضی با احداث سیستم زهکشی زیرزمینی، نمک‌ها از پروفیل خاک شسته شده است. در قسمت‌های میانی دشت، بسته به فاصله از رودخانه و شرایط ژئومورفولوژی خاک، برخی از خاک رخ‌ها دارای تجمع نسبتاً کمتری از شوری می‌باشند. در بخش‌های شمالی، انتقال ثانویه آهک نیز رخ داده است. بافت خاک از بخش‌های شمالی استان به سمت جنوب رو به سنگینی (بافت رسی، لومی رسی و ...) است. ذرات درشت در قسمت‌های شمالی‌تر و ذرات ریزتر در بخش‌های جنوبی‌تر رسوب‌گذاری شده‌اند. عبدالهی و همکاران (۲۰۱۰)، در بررسی مواد مادری تقریباً مشابه و عمدتاً آهکی خوزستان، پستی‌وبلندی را به‌عنوان عمده‌ترین فاکتور خاک‌سازی منطقه در ایجاد اختلاف میزان تکامل خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عنوان





شکل ۱- نقشه خاک استان خوزستان و فراوانی رسته‌های موجود در آن
Figure 1- Soil map of Khuzestan province and the abundance of its soil orders (Taherzadeh et al., 2003)

محدودیت‌های مختلف و عمدتاً شوری روبه‌رو است و تنها حدود ۱/۲ میلیون هکتار آن بدون محدودیت است (Momeni, 2011; Saadat et al., 2019).

از این‌رو، شوری خاک، یکی از محدودیت‌های غالب در خاک‌های کشور و به‌ویژه در استان خوزستان است و بالغ‌بر ۱۷ درصد از کل خاک‌های شور استان را خاک‌های شور و قلیا شامل می‌شود، هر چند که در فلات مرکزی نیز سهم خاک‌های شور و قلیا ۱۶/۵ درصد است (Qureshi, et al., 2007). مطابق با مطالعه Momeni (۲۰۱۱)، در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی، خاک‌های مناطق شور ایران بر اساس روش طبقه‌بندی جامع خاک‌ها (هیأت مطالعات خاکشناسی، ۱۹۹۸)، در رسته ارایدی سولز و در سطح زیر گروه غالباً جزو خاک‌های Gypsic Petrogypsic, Gypsic Haplosalids, Aquisalids Typic و Typic Aquisalids. Haplosalids طبقه‌بندی شده‌اند که غالب اراضی شور استان خوزستان در سطح زیر گروه جزء خاک‌های Typic Aquisalids, Haplosalids و Gypsic قرار می‌گیرند.

طی بررسی‌های صورت گرفته حاصل از بالغ‌بر ۱۱۰۰ نمونه خاک از سال ۱۳۹۰ از وضعیت خاک‌های استان

بررسی ویژگی‌های خاک استان خوزستان شوری

شوری خاک یکی از ویژگی‌های پویای خاک بوده که تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارد (Litalien and Zeeb., 2020). مهم‌ترین عامل شوری ثانویه در خاک‌ها انسان است که با آبیاری با آب با کیفیت پایین باعث افزایش شوری خاک شده و متعاقب آن در اثر تبخیر شدید از سطح خاک، آب از خاک تبخیر شده و نمک‌ها در سطح خاک باقی می‌ماند (Darwish et al., 2005). در دهه‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه گسترش کشاورزی و آبیاری اراضی با آب شور آسیب‌های قابل توجهی به ساختار خاک وارد کرده و منجر به شورشدن آن شده است (Khasanov, et al., 2022). بخش بزرگی از اراضی کشاورزی ایران به‌علت قرار گرفتن در اقلیم خشک و نیمه خشک و مدیریت نامناسب زراعی و باغی در خطر شوری قرار گرفته‌اند و بر اساس مطالعات موجود سطحی حدود ۴۴/۵ میلیون هکتار را به خود اختصاص داده است (Banaei, 2002). بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده، سطح اراضی کشاورزی کشور حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار است. که از این مقدار، حدود هشت میلیون هکتار به‌صورت آبی بوده که حدود ۶/۸ میلیون هکتار آن با

خوزستان، مشخص شد شوری ۳۷ درصد خاک‌های حوزه کشاورزی، بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر است که این میزان در سال ۱۴۰۰ به ۶۰ درصد رسیده یعنی ۲۳ درصد خاک‌های خوزستان بیشتر شور شده است (Jafarnejad and Meskini vishkaei, 2024). همچنین نتایج پهنه‌بندی شوری خاک‌های اراضی کشاورزی استان خوزستان نشان می‌دهد که در بخش‌های شمالی دشت خوزستان، شوری خاک عمدتاً کمتر از چهار دسی‌زیمنس در متر است و خاک‌های اراضی کشاورزی این مناطق مشکل شوری ندارند. اکثر اراضی کشاورزی در غرب و جنوب دشت خوزستان دارای شوری بالاتر از ۲۰ دسی‌زیمنس در متر بوده و این اراضی عمدتاً جزء خاک‌های شور و سدیمی می‌باشند (Jafarnejad et al., 2017).

یکی از دلایل عمده شوری خاک‌های خوزستان (به‌ویژه اراضی جنوبی و غرب استان) کیفیت آب‌های ورودی به مزارع است که بایستی شیوه کشت و آبیاری مدیریت شود؛ بنابراین وجود محدودیت شوری به‌طور جدی تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری خاک و کشاورزی پایدار را تهدید می‌کند و به‌عنوان یک خطر محیطی شدید محسوب می‌گردد (Shahrayini and Noroozi., 2022). وجود سفره آب زیرزمینی شور و کم‌عمق در منطقه یکی دیگر از دلایل عمده شور شدن اراضی است که بدلیل شرایط اقلیمی موجود از جمله تبخیر بالای منطقه و کمبود بارش، سبب تجمع املاح در لایه‌های سطحی خاک گردیده است. علاوه بر سطح بالا و شوری زیاد آب زیرزمینی عواملی چون مواد مادری، تأثیر کیفیت آب رودخانه‌ها، شرایط آب و هوایی منطقه، بافت و ساختمان خاک را از مهم‌ترین علل شوری خاک‌های منطقه می‌توان برشمرد. به‌طوری‌که سواری و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود گزارش کردند که تغییرات شوری خاک در استان خوزستان از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و توزیع مکانی شوری نیز نشان داد که بیشترین میزان شوری در جنوب و غرب استان قرار دارد. اراضی دارای شوری بالا در واحدهای اراضی پست و دشت واقع شده است

که از لحاظ ارتفاعی نسبت به دیگر واحدها در ارتفاع پایین‌تری قرار دارند. در نتیجه بر اساس شیب موجود کلیه رواناب حاصله، املاح و مواد دانه‌ریز به این نواحی انتقال یافته و به‌دنبال آن در اثر تبخیر آب، املاح در سطح خاک باقی می‌مانند. همچنین بالا بودن سطح آب زیرزمینی و حرکت موئینگی باعث تجمع املاح در این خاک‌ها می‌شود. علاوه بر این نواحی جنوبی استان خوزستان به دلیل نزدیکی به خلیج فارس و همچنین نوع تشکیلات زمین‌شناسی و مواد مادری به‌طور طبیعی استعداد شوری دارند (Zaman et al. 2018). نزدیکی این اراضی به دریا موجب شده است که پدیده نفوذ آب‌شور دریا به سمت دشت اتفاق بیفتد. در واحدهای کوهستانی، تپه‌ها و دشت دامنه‌ای آبرفتی نواحی شمال و شرق استان به علت وجود رس کمتر و شن بیشتر در افق‌های سطحی خاک، شستشوی املاح بیشتر انجام‌شده و احتمالاً سبب تجمع آن‌ها در خاک زیرسطحی یا خروج آن‌ها از پروفیل خاک شده است. همچنین لازم به ذکر است که در استان خوزستان شور شدن خاک در اثر فعالیت‌های انسانی نیز به‌صورت یک مسئله جدی درآمده است (Jafari, 2020). به‌طوری‌که جعفری (۲۰۲۰)، در بررسی خود تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه‌ها و کاهش دبی آن در اثر سدسازی و کاهش نزولات آسمانی را از دلایل عمده شور شدن اراضی گزارش نموده است. بنابراین عملیات مختلف مانند مدیریت نادرست اراضی کشاورزی، عدم شستشوی نمک‌ها، بی‌توجهی به تناوب و انتخاب گیاه، عدم رعایت آیش و فاضلاب‌های شهری از جمله عواملی هستند که موجب افزایش شوری خاک می‌شوند. از طرفی کیفیت آب زیرزمینی و آب آبیاری اراضی کشاورزی نیز در افزایش شوری خاک‌ها نقش اساسی دارند. این مسئله بیشتر مناطق نیمه جنوبی استان را شامل می‌شود. به این دلیل که نواحی شمالی استان از نظر دما و نزولات جوی شرایط بهتری دارند که در نتیجه آن میزان آبیاری خاک بیشتر شده و به‌دلیل بیشتر بودن مواد آلی نیاز به کوددهی کاهش یافته است. لذا بر اساس مطالعات

انجام گرفته توسط سعادت و همکاران (۲۰۲۳) نیز این موضوع تأیید شده است که اراضی کشاورزی در نواحی شمالی نسبت به اراضی کشاورزی نواحی جنوبی از مقدار شوری کمتری برخوردارند؛ که علاوه بر تأثیر واحدهای شکل اراضی و عوامل انسانی در تجمع املاح، نوع کاربری اراضی نیز در تجمع املاح مؤثر است؛ بنابراین به منظور بهره‌برداری بهینه از خاک اراضی کشاورزی منطقه و با محوریت حفظ محیط‌زیست قبل از هر اقدامی، اصلاح اراضی و شستشوی نمک و سدیم زدایی لازم است انجام شود. نظر به اینکه ایجاد شوری عمدتاً معلول بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه است، لذا ضرورت احداث شبکه مصنوعی زهکشی زیرزمینی در منطقه برای اصلاح اراضی مشهود است.

pH خاک

در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل مقدار کربنات کلسیم زیاد و pH بالا، فرم قابل استفاده برخی از عناصر غذایی کمتر از مقدار لازم برای رشد مناسب گیاه است به همین دلیل حتی با وجود مصرف زیاد کود در اراضی کشاورزی به دلیل فراهم نبودن شرایط جذب عناصر توسط گیاه، عملکرد محصول پایین است (Norouzi et al., 2018)؛ بنابراین در خاک‌های استان خوزستان نیز بالا بودن pH یکی از چالش‌های مهم خاک است، pH خاک شاید مهم‌ترین ویژگی شیمیایی خاک باشد که منعکس‌کننده وضعیت کلی شیمیایی خاک بوده و بسیاری از فرایندهای شیمیایی و بیولوژیکی رخ داده در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل دانستن مقدار آن مهم و ضروری است (Gholami, et al., 2021). لذا بررسی و پایش خاک‌های استان خوزستان در سال ۱۳۹۰ نشان داد که بیش‌ترین میزان pH در منطقه بهبهان با میانگین ۷/۷۴ و کمترین در منطقه شوشتر با میانگین ۷/۱۲ بدست آمد؛ و میانگین pH خاک‌های مورد مطالعه در استان خوزستان حدود ۷/۴ است که تقریباً بعد از ۱۰ سال (سال ۱۴۰۰) تغییری نکرده است، چرا که pH یک ویژگی است که به ظرفیت بافری

خاک مربوط می‌شود بنابراین نتیجه بدست آمده با توجه به خصوصیات خاک‌های استان و مطابق اصول علمی قابل انتظار بود. شهبازی و بشارتی (۲۰۱۳) نیز در مطالعه خود گزارش کردند که حدود ۸۳ درصد خاک‌های کشور دارای pH بین ۷/۵ تا ۸/۵ هستند. بطورکلی، غلظت عناصر در محلول خاک توسط تعادل بین فاز محلول و فاز جامد خاک کنترل می‌شود و پهاش نقش تعیین‌کننده‌ای در این تعادل دارد؛ و در دسترس بودن برخی از عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در خاک‌های قلیایی بسیار کم است، اگرچه غلظت کل این عناصر ممکن است به نسبت زیاد باشد؛ بنابراین پهاش در قدرت خاک برای جذب و غیرفعال کردن عناصر سنگین نقش تعیین‌کننده‌ای به عهده دارد (Zare et al., 2017). لذا در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله خوزستان، اضافه نمودن مواد آلی و ترکیبات تولیدکننده اسید و گوگرد عنصری برای کاهش pH، به خاک پیشنهاد می‌شود.

فرسایش خاک

هوازدگی و فرسایش طبیعی خاک امری قطعی و ناگزیر است، اما انسان با فعالیت‌های متنوع خود آن را کاهش یا افزایش می‌دهد (Rezaei, 2022). استان خوزستان به دلیل میزبانی از چندین رودخانه بزرگ کشور از جمله کارون، کرخه، دز و جراحی-زهره و همچنین حساسیت زیاد خاک‌های این مناطق به فرسایش از جایگاه خاصی در مطالعات فرسایش و مدیریت رسوب برخوردار است (Davoudi et al., 2024). به‌طوری‌که در قسمت‌های شمال خوزستان که بیشتر مناطق کوهستانی و دارای زمین‌های شیب‌دار است فرسایش آبی و در قسمت جنوبی نیز که بیشتر زمین‌ها به‌صورت دشت است فرسایش بادی غالب است. هر چند که امروزه در بخش‌های شمالی خوزستان یعنی بخش‌های کوهستانی، فرسایش آبی تشدید شده که دلیل جنگل تراشی، چرای بی‌رویه و از بین رفتن پوشش طبیعی و همچنین تاراج جنگل‌های بلوط و در نتیجه لخت شدن زمین و از بین رفتن حفاظ طبیعی آن است. فرسایش بادی هم در خوزستان تشدید شده است و دلیل

روش‌های غیر سازه‌ای نسبت به روش سازه‌ای (بانکت بندی، سدهای چپری و غیره) دخالت کمتری در طبیعت ایجاد می‌کنند و می‌توانند به نحو بهتری کمک کنند تا حوزه‌های آبخیز زودتر به تعادل اکولوژیک برسند (Saidian and Aghamirzadeh, 2022).

آهک (کربنات کلسیم) خاک

اکثر خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر کربنات‌ها قرار دارند. این خاک‌ها به‌عنوان خاک‌های آهکی شناخته می‌شوند که حدود ۱۲ درصد خاک‌های سراسر جهان را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 1972) و از لحاظ فیزیکی و شیمیایی رفتاری متفاوت از خاک‌های غیرآهکی داشته و حاوی پنج درصد یا بیشتر کربن غیرآلی یا کربنات کلسیم معادل هستند (Soil Survey Staff, 1999). مطابق مطالعات صورت گرفته حدود ۶۵ درصد از خاک‌های ایران، به دلیل اقلیم و مواد مادری، آهکی هستند (FAO, 1972). شهبازی و بشارتی (۲۰۱۳) در مطالعه خود گزارش نمودند که خاک‌های ایران متأثر از کربنات کلسیم بوده و بیش از ۸۷ درصد خاک‌های اراضی کشاورزی بیشتر از پنج درصد کربنات کلسیم معادل دارند. حضور کربنات‌های کلسیم در خاک به‌واسطه تأثیر بر pH و قدرت تامپونی آن، توزیع اندازه‌ای ذرات، ساختمان خاک، ظرفیت نگهداشت آب و جریان آب در خاک، خصوصیات خاک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Keshavarzi, et al., 2011). کانی‌های کربناته ممکن است به‌صورت اولیه از مواد مادری غنی از کربنات نشأت گرفته و یا به‌صورت پدوژنیکی (ثانویه)، از رسوب مجدد کربنات‌های ثانویه شکل بگیرند، از این رو، کلسیت از رایج‌ترین کانی کربناته در خاک است و می‌تواند به‌صورت پدوژنیک و یا به ارث رسیده از مواد مادری آهکی باشد. کربنات‌ها در خاک‌های خوزستان اغلب به‌صورت اولیه بوده و به‌دلیل اقلیم فراخشک و خاک جوان به‌میزان خیلی کمی آبشویی شده‌اند (Jafari, 2013)؛ بنابراین یکی دیگر از چالش‌های مهم خاک‌های کشاورزی خوزستان وضعیت آهکی آن‌ها است که طبق مطالعه

آن ساخت سدهای متعدد بر رودخانه‌های این استان است. به‌طوری‌که با تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه‌ها و کاهش دبی آن در اثر سدسازی و کاهش نزولات آسمانی، از یک‌سو کیفیت آب در طی یک دوره ۲۵ ساله به‌شدت کاهش‌یافته و میزان املاح به بیش از دو برابر افزایش‌یافته است. از سوی دیگر در اثر ممانعت از جریان سیلابی دشت، شوری شدید خاک‌ها را سبب شده به‌طوری‌که از حد تحمل گیاهان شور دوست بومی نیز فراتر رفته است. در اثر این پدیده، گیاهان سطحی از بین رفته و خاک لخت شده است؛ بنابراین بشر با دست‌کاری رژیم هیدرولوژی رودخانه سبب شده است که علاوه بر تخریب ساختار طبیعی یک زیست‌بوم پایدار، بخشی از مشکلات فعلی کیفی هوا نیز پدید آید که برای رفع آن باید در تصمیمات مربوط به سدسازی و تغییرات رژیم هیدرولوژی تجدیدنظر اساسی صورت گیرد (Jafari, 2020). از طرفی حدود نه درصد از مساحت دشت خوزستان، معادل ۳۴۹۲۵۴ هکتار مستعد تولید گرد و غبار است که سبب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و همچنین ضرر اقتصادی در منطقه شده است (Heidarian et al., 2017)؛ بنابراین فرسایش خاک از عوامل تأثیرگذار بر تخریب اراضی است که پیامدهایی همچون کاهش حاصلخیزی و بهره‌وری خاک، از دست دادن تنوع زیستی جانداران، تشدید لغزش و رانش زمین، رسوب‌گذاری در دریاها، دریاچه‌ها، مخازن سدها و کاهش کیفیت آب را به همراه دارد و از موانع اصلی دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی است (Arabameri et al., 2018)؛ بنابراین برای مبارزه و به‌تبع آن موفقیت در مهار فرسایش خاک ضرورت دارد اقدام به شناخت و آگاهی از روش‌های مختلف سنتی و نوین حفاظت از خاک در سراسر دنیا شود (Noroozi and Shoaee, 2018)؛ که در این راستا توصیه می‌شود تا آنجایی که امکان دارد از روش‌های غیر سازه‌ای (مدیریت کشت (روش کشت، تناوب و غیره)، افزودن مواد آلی به خاک، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری، استفاده از مالچ‌های آلی یا مصنوعی، احیای تالاب‌ها و غیره) استفاده شود چون

وضعیت حاصلخیزی خاک‌های استان خوزستان (با دیدگاه

خاک‌های کشاورزی در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰)

تولید محصولات کشاورزی متأثر از عوامل متعددی نظیر نوع محصول، رقم گیاه، مدیریت آب، دفع آفات و بیماری‌های گیاهی و همچنین حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی است. در میان این عوامل حاصلخیزی خاک به معنی توان خاک برای تأمین عناصر غذایی به مقدار کافی و در توازن مطلوب برای رشد گیاه از جمله مهم‌ترین عوامل در دستیابی به امنیت غذایی و کشاورزی پایدار است (Khavazi, 2014). آن چه که اهمیت حاصلخیزی را دو چندان می‌کند نیاز به تولید غذای بیشتر برای جمعیت در حال افزایش است که مناسب‌ترین روش برای تحقق این موضوع افزایش تولید در واحد سطح است. تولید غذای بیشتر و سایر منابع محیطی با حفظ منابع زیستی برای آیندگان تنها در سایه بهینه‌سازی بهره‌برداری از خاک امکانپذیر است (Seyedmohammadi et al., 2016)؛ بنابراین، مدیریت مناسب حاصلخیزی خاک از مهم‌ترین اساسی‌ترین راهکارهای افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و ارتقای سطح سلامت جامعه است (Saadinejad et al., 2013)؛ و تولید پایدار کشاورزی از طریق مدیریت بهبود خاک برای تأمین امنیت غذایی و کاهش فقر بسیاری ضروری است؛ بنابراین طی این مطالعه صورت گرفته در اراضی کشاورزی خوزستان در دامنه سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ (در یک دوره ده‌ساله)، نتایج به شرح ذیل به دست آمد:

کربن آلی

در مطالعه صورت گرفته در خاک‌های استان خوزستان، میزان کربن آلی در عمق زراعی (۳۰-۰ سانتیمتر)، از حداکثر ۱/۹۶ درصد تا حداقل ۰/۰۴ درصد متغیر بوده و میانگین آن به میزان ۰/۶ درصد است؛ بنابراین میزان کربن آلی خاک‌های مناطق مختلف استان خوزستان بیانگر سه گروه خاک از این نظر می‌باشند: گروه اول (کمتر از ۰/۷ درصد): بیشتر در مناطق غربی، جنوبی و مرکزی

صورت گرفته با برداشت حدود بالغ بر ۱۱۰۰ نمونه برداشت‌شده از اراضی کشاورزی، بیشترین میانگین میزان آهک در خاک‌های مناطق هندیجان (بیشتر از ۵۰ درصد) و کمترین میزان میانگین آن (۳۶/۱۵ درصد) در خاک‌های دشت آزادگان مشاهده شد و میانگین میزان آهک در خاک‌های خوزستان ۴۶/۳ درصد به دست آمد (Jafarnejad, Besharati, 2013). (and Meskini vishkaei, 2024) نیز در بررسی‌های خود گزارش نمودند که ۷۶ درصد خاک‌های استان دارای کربنات کلسیم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد هستند که هر چند عدد به‌دست‌آمده در این تحقیق در این بازه قرار دارد ولی شاید با برداشت تعداد نمونه بیشتر و در بازه زمانی طولانی‌تر بتوان به واقعیت گزارش‌شده توسط همکاران نزدیک‌تر شد؛ بنابراین با توجه به اینکه این آهک به‌صورت آهک اولیه است که از ذرات بسیار ریز تشکیل شده و با خاک مخلوط است تأثیر منفی بر وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها گذاشته و کاهش حلالیت و در نتیجه جذب عناصر غذایی و به‌ویژه عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی را برای گیاه در بر دارد. حلالیت آهک در خاک اغلب کم بوده و از لحاظ املاح کل عصاره اشباع خاک اثری بر شوری خاک ندارد؛ بنابراین تنها راه اصلاح این اراضی استفاده از کودهای حیوانی و بقایای گیاهی در سطح خاک است که ریشه گیاه با آن تماس دارد. همچنین برای رفع نیازهای غذایی گیاهان لازم است که کودهای کلات شده با لیگاندهایی مانند EDTA و EDDHA که پایداری بالایی در pH های بالای ۷ دارند، استفاده نمود. همچنین توصیه می‌شود که کشاورزان در مراحل رشد از کودهای با خاصیت اسیدی مانند استفاده از سولفات آمونیوم و یا اوره فسفات به‌منظور تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز استفاده کنند. همچنین اخیراً ترکیبات اسیدی که دارای pH کمتر از یک است نیز در صنعت کود رایج شده است که استفاده از این ترکیبات می‌تواند ضمن بهبود جذب عناصر، اثرات منفی کربنات کلسیم را نیز کاهش می‌دهد (Jafarnejad et al, 2024).

استان شامل اهواز، دشت آزادگان، شادگان، خرمشهر و آبادان، امیدیه، رامشیر.

گروه دوم (بین ۰/۷ تا ۰/۹ درصد): مناطق شمالی شامل دزفول، شوش، شوشتر، اندیمشک، گتوند، مسجدسلیمان.

گروه سوم (۰/۹ درصد و بالاتر): مناطق شرقی شامل ایذه، باغ‌ملک، رامهرمز و بهبهان را شامل شد.

بر اساس مطالعات مشیری و همکاران، (۲۰۱۷)، درصد فراوانی اراضی کشاورزی در استان‌های مختلف با مقادیر کربن آلی کمتر از یک درصد را مورد بررسی قرار داده بودند در خاک‌های خوزستان حدود ۸۳/۳ درصد از اراضی کشاورزی کمتر از یک درصد گزارش شد؛ بنابراین بر اساس مطالعات مذکور در برخی شهرستان‌های استان در سال ۱۳۹۰، ۲۰ درصد خاک‌های خوزستان دارای کربن آلی کمتر از ۰/۵ درصد بودند در صورتی که در سال ۱۴۰۰ به ۲۵ درصد رسیدند، به عبارتی میزان کربن آلی در ۷۸ درصد از خاک‌های مورد مطالعه کمتر از یک درصد بود در صورتی که در سال ۱۴۰۰ به ۹۰ درصد تغییر کرد (شکل ۲ الف)) که یک زنگ خطر محسوب می‌شود چون با کاهش کربن آلی در خاک، جمعیت میکروبی نیز کم شده و در این حالت تجزیه و تبدیل کودهای مصرفی از جمله اوره به خوبی صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین وضعیت کربن آلی در استان خوزستان مطلوب نیست و با افزایش میزان کربن آلی به میزان ۱ درصد در خاک‌ها، طبق مطالعات انجام شده ۳۰۰ کیلوگرم بر عملکرد گندم افزوده می‌شود (keshavarz et al., 2013). خاک‌ورزی شدید، عدم استفاده از کودهای سبز و کودهای آلی، وجود درجه حرارت بالا و اکسیداسیون سریع این مواد، سوزاندن کاه و کلش بقایای محصولات کشاورزی از مهم‌ترین دلایل کمبود ماده آلی در خاک‌های استان خوزستان است؛ بنابراین برای حفظ و یا افزایش کربن آلی در خاک راهکارهای مختلفی از جمله اعمال روش‌های مناسب خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی، رعایت تناوب زراعی صحیح و کاربرد کودها و مواد آلی در خاک به‌تنهایی یا توأمان می‌بایست به کار گرفته شود. شیوه مدیریت زراعی

شامل عملیات خاک‌ورزی، کوددهی، آبیاری و تناوب زراعی بر میزان کربن آلی خاک تأثیرگذار است (Moshiri et al., 2021).

فسفر

غلظت فسفر قابل جذب در سال ۱۴۰۰ در عمق زراعی (۰-۳۰ سانتیمتر) در دامنه ۱/۲۲ تا ۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بوده و میانگین آن به میزان ۷/۸۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نسبت مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۹۰ که میانگین فسفر ۸/۳۴ بود سیر نزولی داشته است (شکل ۲ ب)). همچنین بر اساس نتایج موجود (سال ۱۴۰۰) حدود ۳۰ درصد خاک‌ها دارای کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۴۵ درصد بین ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۱۵ درصد بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک فسفر بود. بر همین اساس، میزان فسفر در سال ۱۴۰۰ در حدود ۹۰ درصد خاک‌ها و در سال ۱۳۹۰ در حدود ۸۵ درصد خاک‌ها کمتر از حد بحرانی (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند (شکل ۲ الف)).

لذا بر اساس نتایج تجزیه خاک مقدار فسفر در مناطق مختلف جغرافیایی استان خوزستان به شرح زیر بود:

۱) مناطق شمالی استان

۳) مناطق غربی و جنوبی

میانگین فسفر قابل جذب در خاک‌های دشت آزادگان هشت و در مناطق شادگان، ماهشهر، خرمشهر و هندیجان بین چهار تا شش میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود.

۴) مناطق شرقی

میانگین فسفر قابل جذب در خاک‌های ایذه ۱۲ و در مناطق باغ‌ملک و رامهرمز بین ۸ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود.

پتاسیم

غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در عمق زراعی (۰-۳۰ سانتیمتر) در خاک‌های استان در سال ۱۴۰۰ در دامنه ۷۰ تا ۳۷۳ با میانگین ۱۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بودند. به‌طوری که ۳۰ از خاک‌ها کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم پتاسیم در

آهن

غلظت آهن قابل جذب خاک در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در خاک‌های مورد مطالعه (سال ۱۴۰۰) در دامنه ۰/۵ تا ۴۱/۴ و میانگین ۷/۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک قرار داشت که نسبت با سال ۱۳۹۰ با میانگین ۱۱ میلی گرم در کیلوگرم دارای روند کاهشی بود (شکل ۲(ب)). به طوری که حدود ۵۰ درصد خاک‌های استان دارای کمتر از پنج میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک، ۲۰ درصد خاک‌ها بین ۵ تا ۷/۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم و ۱۰ درصد خاک‌ها بین ۷/۵ تا ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک بودند به عبارت دیگر حدود ۸۰ درصد خاک‌ها کمتر از ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک داشتند. داده‌های اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۹۰ (در دامنه ۱/۶ تا ۵۶ میلی گرم در کیلوگرم) دارای میانگین ۱۱ میلی گرم در کیلوگرم بودند و حدود ۳۰ درصد خاک‌های استان کمتر از پنج میلی گرم آهن در کیلوگرم، ۱۰ درصد خاک‌ها بین ۵ تا ۷/۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم، ۱۴ درصد خاک‌ها بین ۷/۵ تا ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم و ۴۶ درصد بیش از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم آهن بودند و حدود ۵۴ درصد خاک‌ها کمتر از ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک داشتند (شکل ۲(الف)) و بیشترین میانگین آهن خاک در منطقه دشت آزادگان با میانگین ۲۳/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم و کمترین در منطقه اندیمشک با میانگین ۵/۸۵ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد؛ و نهایتاً بر اساس نتایج حاصله میزان آهن قابل جذب در مناطق مختلف استان به صورت زیر به دست آمد:

مناطق شمالی

خاک‌های منطقه شوشتر دارای میانگین غلظت آهن ۱۵، دزفول و شوش دارای میانگین ۹/۵ و اندیمشک دارای میانگین ۴/۵ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق مرکزی و جنوبی

میانگین غلظت آهن در خاک‌های منطقه اهواز به میزان ۱۰ و هندیجان، رامشیر و ماهشهر دارای دامنه غلظتی میانگین ۹ تا ۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد خاک‌های بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم داشتند و به عبارت دیگر حدود ۸۰ درصد خاک‌های استان کمتر از ۲۰۰ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک داشتند؛ که مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۹۰ (میانگین ۱۷۱ میلی گرم در کیلوگرم) روند کاهشی داشت (شکل ۲(ب)). در سال ۱۳۹۰ حدود ۷۰ درصد خاک‌های استان کمتر از ۲۰۰ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک داشتند و بیشترین میانگین پتاسیم قابل دسترس خاک در منطقه شوش با میانگین ۲۱۳/۷۲ میلی گرم در کیلوگرم و کمترین در منطقه اندیمشک با میانگین ۱۴۹/۷ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد (گزارش سیمای حاصلخیزی استان خوزستان (Jafarnejad and Meskini vishkaei, 2024)). بر اساس نتایج حاصله میزان پتاسیم قابل جذب در مناطق مختلف استان به صورت زیر به دست آمد:

مناطق شمالی استان

در مناطق شوشتر، لالی، گتوند و شوش بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود و در سایر مناطق نظیر دزفول و اندیمشک دارای میانگین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر کیلوگرم است.

مناطق مرکزی و جنوبی استان

در مناطق اهواز، هندیجان و رامشیر دارای میانگین ۱۵۰ و امیدیه دارای میانگین ۱۱۵ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک بود.

مناطق غربی استان

میانگین پتاسیم قابل جذب در مناطق دشت آزادگان و شادگان حدود ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم و خرمشهر دارای ۲۲۰ میلی گرم در کیلوگرم بود.

مناطق شرقی استان

میانگین پتاسیم قابل جذب در منطقه ایذه حدود ۲۷۰ میلی گرم در کیلوگرم و بهبهان دارای میانگین ۱۹۰ میلی گرم در کیلوگرم، رامهرمز و باغ‌ملک ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم و امیدیه دارای میانگین ۱۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق غربی

دشت آزادگان و شادگان با میانگین ۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم و خرمشهر دارای میانگین ۲۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک بود.

مناطق شرقی

ایذه دارای میانگین ۸/۵ و بهبهان با میانگین ۷/۴ میلی گرم در کیلوگرم، رامهرمز ۹/۵ و باغ‌ملک ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم، امیدیه دارای میانگین چهار میلی گرم آهن بر کیلوگرم خاک بودند.

روی

میزان روی خاک‌های مورد مطالعه در استان در سال ۱۴۰۰ در دامنه ۰/۰۳ تا ۳/۷ با میانگین ۰/۶۹ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک قرار داشت و نسبت به سال ۱۳۹۰ (میانگین ۰/۸۸ میلی گرم در کیلوگرم) دارای روند کاهشی بود (شکل ۲). حدود ۲۵ درصد خاک‌ها دارای کمتر از ۰/۲۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک، ۲۵ درصد خاک‌ها بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک، ۲۵ درصد خاک‌ها بین ۰/۵ تا یک میلی گرم روی در کیلوگرم خاک بودند، به عبارت دیگر حدود ۷۵ درصد خاک‌های مورد مطالعه کمتر از ۱ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک داشتند غلظت روی قابل جذب در خاک‌های استان در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در سال ۱۳۹۰ در دامنه ۰/۰۹ تا ۴/۶۲ و میانگین ۰/۸۸ میلی گرم در کیلوگرم متغیر بود؛ و همچنین نتایج حاکی از آن بود که ۷۶ درصد نمونه‌ها دارای مقادیر روی کمتر از ۱ میلی گرم در کیلوگرم بودند (شکل ۲)؛ و با توجه به نتایج به دست آمده از میزان روی قابل جذب در مناطق مختلف استان به شرح زیر به دست آمد:

مناطق شمالی

خاک‌های منطقه شوشتر، دزفول، شوش و اندیمشک دارای میانگین غلظت روی ۱-۱/۱، منطقه گتوند و لالی دارای میانگین غلظتی ۰/۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق مرکزی و جنوبی

میانگین غلظت روی در خاک‌های منطقه اهواز، هندیجان، رامشیر و ماهشهر به میزان ۰/۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق غربی

دشت آزادگان، شادگان و خرمشهر با میانگین ۰/۵ تا ۰/۸ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک بود.

مناطق شرقی

ایذه و امیدیه دارای میانگین ۱/۳ و بهبهان و باغ‌ملک با میانگین ۰/۷ میلی گرم در کیلوگرم، رامهرمز یک میلی گرم روی بر کیلوگرم خاک بودند.

منگنز

غلظت منگنز قابل جذب در خاک‌های مورد بررسی استان در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در سال ۱۴۰۰ در دامنه ۰/۵ تا ۴۱/۴ با میانگین ۵/۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک قرار داشت که این مقدار نسبت به میانگین به دست آمده در خاک‌های مورد بررسی در سال ۱۳۹۰ (میانگین ۶/۲ میلی گرم در کیلوگرم) کاهش یافته بود (شکل ۲). به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده در سال ۱۴۰۰، حدود ۵۰ درصد خاک‌های استان دارای کمتر از پنج میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک، ۲۰ درصد خاک‌ها بین ۵ تا ۷/۵ میلی گرم منگنز در کیلوگرم و ۱۰ درصد خاک‌ها بین ۷/۵ تا ۱۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم بودند و نهایتاً حدود ۸۰ درصد خاک‌ها کمتر از ۱۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک داشتند. از حداکثر ۲۶ تا حداقل ۲/۲ و میانگین ۶/۲ میلی گرم در کیلوگرم متغیر بود؛ و همچنین نتایج حاکی از آن بود که ۴۲ درصد خاک‌های مورد بررسی استان در سال ۱۳۹۰ کمتر از ۵ میلی گرم منگنز بر کیلوگرم، ۳۵ درصد خاک‌ها بین ۵ تا ۷/۵ میلی گرم منگنز بر کیلوگرم، ۱۳ درصد خاک‌ها بین ۷/۵ تا ۱۰ میلی گرم منگنز بر کیلوگرم و ۱۰ درصد خاک‌ها دارای منگنز بیش از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم بودند و در نهایت حدود ۹۰ درصد خاک‌ها کمتر از ۱۰ میلی گرم منگنز بر کیلوگرم خاک می‌باشند و مطابق بررسی‌های انجام شده بیشترین میانگین منگنز خاک در منطقه ایذه با میانگین

مس داشتند (شکل ۲)؛ و نهایتاً وضعیت نقاط مختلف استان از لحاظ مس قابل جذب به شرح زیر بود:

مناطق شمالی

خاک‌های منطقه شوشتر، دزفول، شوش و اندیمشک دارای میانگین غلظت مس $1/9 - 1/4$ ، منطقه گتوند و لالی دارای میانگین غلظتی $0/9$ تا $0/7$ میلی گرم مس بر کیلوگرم خاک بود.

مناطق مرکزی و جنوبی

میانگین غلظت مس در خاک‌های منطقه اهواز، هندیجان، رامشیر و ماهشهر به میزان $0/9 - 1/4$ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق غربی

دشت آزادگان، شادگان و خرمشهر با میانگین $2/3 - 1/5$ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک بود.

مناطق شرقی

میانگین غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم خاک) در خاک‌های ایذه دارای میانگین $1/4$ و بهبهان، باغ‌ملک و رامهرمز با میانگین $1/2$ میلی گرم در کیلوگرم و امیدیه $0/9$ بودند.

بنابراین به‌طور کلی بررسی نشان داد (شکل ۲) که در طی بازه ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰، شوری خاک اراضی استان خوزستان افزایش یافته درحالی که پتاسیم، آهن و عناصر ریزمغذی خاک عمده‌تاً کاهش یافته‌اند، با وجود اقدامات صورت گرفته جهت فرهنگ‌سازی مدیریت بهینه منابع خاک، وضعیت خاکی برای تولید و بهره‌برداری، کماکان نامطلوب است که بیانگر مدیریت نامناسب استفاده از خاک به‌ویژه توسط بهره‌بردار است. هر چند که رعایت نکردن برنامه محوری یکی دیگر از محدودیت‌های موجود کشاورزی استان است که از سال ۱۳۹۳ تلاش شده است تا برنامه محوری مصرف کود در خوزستان نهادینه شود تا کشاورز بداند که گیاه در چه مرحله‌ای است و به چه کودی و به چه میزان نیاز دارد، با توجه به اینکه خوزستان یکی از استان‌های پیشرو در این زمینه محسوب می‌شود و تمام

$10/55$ میلی گرم در کیلوگرم و کمترین در منطقه هندیجان با میانگین $4/06$ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد؛ و وضعیت کلی منگنز قابل جذب در نقاط مختلف استان به شرح زیر بود:

مناطق شمالی

خاک‌های منطقه شوشتر، دزفول، شوش و اندیمشک دارای میانگین غلظت منگنز $6 - 7$ ، منطقه گتوند و لالی دارای میانگین غلظتی 10 میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق مرکزی و جنوبی

میانگین غلظت منگنز در خاک‌های منطقه اهواز، هندیجان، رامشیر و ماهشهر به میزان $4 - 6$ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مناطق غربی

دشت آزادگان، شادگان و خرمشهر با میانگین $4 - 5$ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک بود.

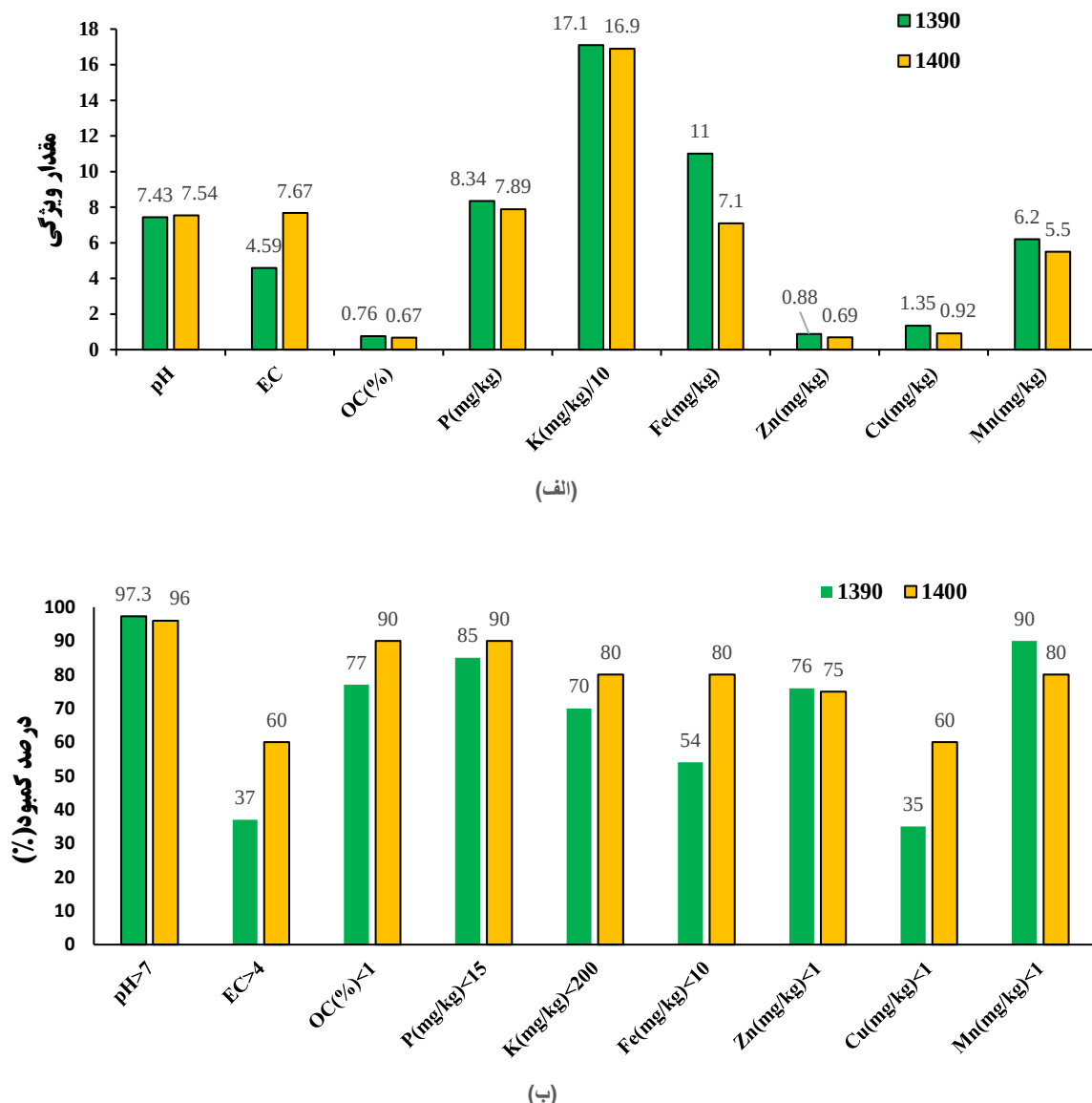
مناطق شرقی

ایذه دارای میانگین 12 و بهبهان و باغ‌ملک با میانگین $6 - 7$ میلی گرم در کیلوگرم، رامهرمز و امیدیه $4 - 5$ میلی گرم منگنز بر کیلوگرم خاک بودند.

مس

غلظت مس قابل جذب در خاک‌های مورد بررسی استان در عمق $30 - 0$ سانتیمتری در دامنه $0/04$ تا $5/1$ با میانگین $0/92$ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک قرار داشت و مطابق با سایر عناصر کم‌مصرف نسبت به سال ۱۳۹۰ دارای روند کاهشی بود (شکل ۲). حدود 20 درصد خاک‌ها دارای کمتر از $0/3$ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک، 40 درصد خاک‌ها بین $0/3$ تا 1 میلی گرم مس در کیلوگرم خاک بودند، به عبارت دیگر حدود 60 درصد خاک‌های مورد مطالعه کمتر از یک میلی گرم مس در کیلوگرم خاک داشتند. مقادیر مس قابل جذب در سال ۱۳۹۰ در دامنه $0/3$ تا حداقل $3/8$ و میانگین $1/35$ میلی گرم در کیلوگرم متغیر بود؛ و همچنین نتایج حاکی از آن بود که 35 درصد نمونه‌ها دارای مقادیر روی کمتر از یک میلی گرم در کیلوگرم بودند و مابقی نمونه‌های خاک بیش از یک میلی گرم در کیلوگرم،

برنامه‌های غذایی در اختیار کشاورزان خوزستانی قرار گرفته است.



شکل ۲- بررسی تغییرات میانگین (الف) و وضعیت برخی ویژگی‌های خاک در مزارع تحت کشت استان خوزستان بر اساس حد بحرانی (ب) در مزارع تحت کشت استان خوزستان در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰)

Figure 3- Examining the average changes (a) and the condition of some soil characteristics in the cultivated fields of Khuzestan province based on the critical level (b) in the cultivated fields of Khuzestan province in a ten-year period (1390 to 1400)

مصرف کودهای شیمیایی

میانگین مصرف کود در اراضی آبی استان خوزستان از حدود ۱۱۸ کیلوگرم در هکتار است. با توجه به اینکه میانگین مصرف کود در دنیا حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است در حال حاضر مقدار کود مصرفی در استان در مقایسه با میانگین جهانی بسیار کمتر است. از طرفی

مصرف متعادل کود یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. این در حالی است که به‌طور میانگین ۹۱ درصد کود مصرفی این استان را کودهای نیتروژنی، شش درصد آن را کود فسفاتی و تنها نزدیک به ۳ درصد آن را کودهای پتاسیمی تشکیل می‌دهد. این مقدار در جهان به‌طور میانگین ۵۶ درصد، ۲۴ درصد و

۲۰ درصد به ترتیب برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم گزارش شده است (Jafarnejad and Meskini vishkaei, 2024).

بنابراین با توجه با مطالب ذکر شده در رابطه با مصرف کود در استان با چالش‌هایی مواجه هستیم که برخی از مهم‌ترین این چالش‌ها عبارت‌اند: - توجه مقدار مصرف نسبت به قبل کاهش قابل توجهی داشته است؛ - مصرف کودها نامتعادل است به‌طوری‌که استفاده از برخی کودها مانند کودهای ازته و غیره، زیاد و مصرف کودهای ریزمغذی‌ها اندک است؛ - عدم توجه مدیران و بهره‌برداران عرصه کشاورزی به مصرف کودهای بیولوژیک و به‌ساز-های خاک نظیر کودهای آلی مایع در برنامه تغذیه‌ای گیاه با توجه به فقر شدید کربن آلی، به‌طوری‌که در خاک‌های استان بار حاصلخیز نمودن خاک‌های کشاورزی و تغذیه گیاه بر دوش کودهای شیمیایی است و مصرف ماده آلی و شیوه تهیه آن، در برنامه‌های کشاورزی وجود ندارد و یا عملاً کم‌رنگ است و - عدم توسعه مصرف کود بر اساس مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه. - عدم وجود شناسنامه خاک و عدم توصیه کودی بر اساس آزمون خاک یا به عبارتی عدم توجه بهره‌برداران به توصیه‌های صورت گرفته توسط محققان و کارشناسان، - عدم توسعه و حمایت از آزمایشگاه‌های خصوصی آب‌و خاک و گیاه. - عدم رعایت اصول چهارگانه کود (منبع مناسب، مقدار مناسب، زمان مناسب و جایگذاری) مشاهده می‌شود؛ بنابراین مصرف صحیح کود هنگامی خواهد بود که مقدار مناسب کود (چه مقدار کود؟) از منبع مناسب (از چه منبع کودی؟) و به شیوه مناسب (به چه روشی؟) و در زمان مناسب (در چه مرحله رشدی؟) بکار برده شود. نادیده گرفتن هریک از این موارد منجر به کاهش و یا عدم اثربخشی کود خواهد شد و سبب کاهش راندمان این کودها می‌شود. در حال حاضر دستورالعمل توصیه مقدار کود مورد نیاز محصولات زراعی مهم بر اساس تجزیه خاک (مقدار عنصر غذایی قابل استفاده)، عملکرد مورد انتظار و اقلیم توسط موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شده و به‌صورت

نشریات فنی در دسترس قرار دارد. با وجود این عدم توجه و استقبال از توصیه کودی بر اساس تجزیه خاک یکی از ضعف‌های مدیریت حاصلخیزی خاک در کشاورزی استان به شمار می‌رود؛ بنابراین به‌طورکلی بخش عمده‌ای از پایین بودن کارایی مصرف کودها به عدم رعایت زمان صحیح مصرف با توجه به مراحل رشد گیاه و شیوه نادرست مصرف آن‌ها برمی‌گردد. از آنجاکه آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه است افزایش مصرف کود به‌صورت متعادل در شرایطی که آب کافی وجود داشته باشد همراه با بهبود کارایی اهمیت زیادی خواهد داشت.

بنابراین با توجه با مشکلات فوق‌الذکر که عنوان شد در زمینه با حاصلخیزی خاک توصیه می‌گردد که مباحث زیر به‌صورت جدی مورد توجه و در دستور کار بهره‌برداران و ذینفعان عرصه کشاورزی در استان قرار گیرد:

- انجام آزمون خاک و تعیین مقدار عناصر غذایی

قابل جذب در خاک و کوددهی بر اساس آزمون خاک

- با توجه به کمبود کربن آلی در خاک‌های استان خوزستان استفاده از کودهای آلی کاملاً پوسیده شده (با در نظر گرفتن شوری اولیه خاک) قبل از کشت حتماً استفاده شود.

- کودهای نیتروژنی به‌صورت پایه و سرک و سایر کودهای شیمیایی (پرمصرف) به‌صورت پایه مصرف شوند. کودهای پایه مورد استفاده شامل بخشی از کودهای نیتروژنی و تمام کودهای فسفری و پتاسیمی است که کودهای ریزمغذی ترجیحاً قبل از کاشت و به‌صورت نواری و در عمق مناسب در زیر بذر (پایین بذر) به‌طوری‌که در زمان نیاز گیاه به مواد غذایی به‌راحتی در دسترس گیاه باشد استفاده گردد. در صورت استفاده از دستگاه کودکار- بذرکار مقدار کود فسفر و پتاسیم قابل استفاده (بر اساس آزمون خاک) تا ۳۰ درصد کاهش یابد.

- توصیه می‌شود عناصر کم‌مصرف همراه با آب آبیاری و همچنین به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت و زمان مناسب استفاده نمود

است. کنش ما بین انسان و طبیعت و حربه فناوری و صنعت ناقص، باعث به وجود آمدن آلودگی‌های هوا، آب‌وخاک می‌گردد.

عملکردهای انسان در محیط به سه گروه فعالیت های جوامع شهری و روستایی، صنایع و کشاورزی تقسیم می‌شوند که باعث ایجاد آلودگی‌های مختلفی می‌گردند. آلودگی‌های مهم حاصله از زندگی اجتماعی و شهری شامل آلودگی هوا به خاطر سوزاندن سوخت‌های فسیلی و فاضلاب شهری و تولید زباله می‌باشند. زائدات صنعتی به گونه‌های فاضلاب صنعتی، زائدات جامد، گازها و مواد متصاعد و ایجاد حرارت باعث آلودگی‌های هوا، آب‌وخاک می‌گردند. فعالیت‌های کشاورزی و دامداری برای تهیه غذا به صورت متمرکز و عمدتاً غیرمتمرکز نیز به عنوان منابع آلوده کننده عمل می‌نمایند.

خاک‌ها همه ساله مقادیر هنگفتی از مواد زائد را دریافت می‌کنند. بیشتر دی‌اکسید گوگردی که از احتراق سوخت‌های گوگرددار تولید می‌گردد، نهایتاً به صورت سولفات به خاک وارد می‌شود. اکسیدهای نیتروژن در اتمسفر به نیترات تبدیل می‌شوند و این نیترات‌ها سرانجام بر خاک فرو می‌ریزند. خاک، NO_2 , NO را به سادگی جذب می‌کند و این گازها در خاک به نیترات تبدیل می‌شود. مونواکسید کربن و CO_2 احتمالاً توسط باکتری‌ها و قارچ‌های موجود در خاک به بیومس تبدیل می‌شود. در کنار جاده‌های پر رفت و آمد در نزدیکی معادن و کارخانه‌های ذوب سرب، مقدار زیادی ذرات معلق سرب وجود دارد. مقدار زیادی از آفت‌کش‌ها که برای محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند به وسیله بافت اسفنجی خاک جذب شده و تجزیه این آفت‌کش‌ها در خاک منجر به آلودگی می‌گردد. جذب آفت‌کش‌ها در خاک با شسته شدن آن‌ها توسط آب همراه است، که احتمال آلودگی آب را در بر خواهد داشت. آثار آفت‌کش‌ها بر روی میکروارگانیسم‌ها و جانداران درون خاک و احتمال تولید مواد سمی تر در نتیجه فساد آفت‌کش‌ها در خاک، از جمله فاکتورهایی هستند که نباید از آن‌ها

• استفاده از کودهای زیستی (با توجه به اهمیت و جایگاه میکروارگانیسم‌ها در تغذیه گیاهی و چرخه عناصر غذایی در خاک، استفاده از کودهای زیستی و بر اساس توصیه‌های شرکت‌های سازنده و در زمان مناسب اقدام به کاربرد این کودها نمود).

• استفاده از محرک‌های رشد نظیر هیومیک اسید، آمینواسید و جلبک دریایی در طول دوره داشت استفاده شوند.

• چنانچه کوددهی پایه به خوبی انجام نشده باشد استفاده از کودهای کامل محلول مانند ۱۲ ۱۲ ۳۶ و ۵۲ ۱۰ ۱۰ در طول دوره رشد توصیه می‌شود.

• با توجه به کربنات کلسیم و pH بالای خاک‌های استان خوزستان از کودهای با خاصیت اسیدزایی استفاده شود. همچنین استفاده از اسیدهای کشاورزی نیز در طول دوره رشد توصیه می‌شود.

• با توجه به کیفیت پایین آب آبیاری در مناطق جنوبی استان خوزستان توصیه می‌شود حتماً هنگام محلول‌پاشی از ترکیباتی که pH نهایی محلول را کاهش می‌دهند استفاده شود. همچنین در صورت امکان از آب با کیفیت مطلوب جهت محلول‌پاشی استفاده گردد (Jafarnejad et al, 2024).

آلودگی منابع (خاک)

خاک همیشه برای زندگی انسان و سلامتی آن مهم بوده است مشروط بر آن‌که بتواند به عنوان منبعی سالم برای تولید غذا به کار رود (Afshari et al., 2015). به طور کلی آلودگی را می‌توان به صورت دو فاکتور اصلی طبیعی و انسانی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. عوامل طبیعی عبارت‌اند از آب، خاک، هوا و زمین که علاوه بر اثرات فرسایشی باعث حمل و انتقال عوامل آلاینده از منابع مختلف یکدیگر می‌باشند و باعث تغییراتی فیزیکی و یا شیمیایی در آن می‌گردد. فاکتور انسانی در حقیقت به صورت تولیدکننده آلودگی‌ها به خاطر فعالیت‌های وی برای اسکان، شکل دادن، بهره‌برداری و کنترل نمودن محیط زندگی‌اش با به کارگیری فناوری و منابع انرژی

غافل شد. میزان جذب و سرعت و مقدار فساد نهایی تحت تأثیر چند عامل قرار دارند که بعضی از این عوامل، از جمله حلالیت، فراریت، بار، قطبیت و ابعاد و ساختار مولکولی، خواصی هستند که به خود آفت کش ها مربوط می شوند. عواملی دیگر از جمله دما، پ هاش و غیره، به خواص خاک پذیرنده مربوط هستند (Khuzestan province program and budget organization, 2013).

استان خوزستان از دیرباز در بخش کشاورزی دارای استعدادهای فراوان بوده است. امکانات جغرافیایی (داشتن خاک حاصلخیز، وجود رودخانه های دائمی و فصلی فراوان، وجود راه های آبی و خشکی و غیره) همگی باعث شده تا این استان به یکی از قطب های کشاورزی ایران تبدیل شود. علاوه بر قابلیت های ویژه جهت پیشبرد اهداف کلان کشور در بخش کشاورزی، ظرفیتی منحصر به فرد از لحاظ فعالیت های صنعتی در این استان وجود دارد که گاهاً سودآوری این صنایع بر دغدغه های زیست محیطی پیشی گرفته و موجبات آلودگی را فراهم ساخته است. افزایش فعالیت های صنعتی توأم با تولید آلاینده ها از جمله فلزات سنگین یکی از مشکلات جدی و در حال گسترش پیشروی انسان عصر حاضر است (Yalcin et al. 2007). مقاومت و پایداری عناصر سنگین در خاک نسبت به سایر آلاینده ها بسیار طولانی تر بوده و آلودگی خاک توسط فلزات سنگین تقریباً دائمی است (Ferri, et al. 2012). صنایع آهن و فولاد، استخراج از معادن، حمل و نقل جاده ای، نیروگاه ها و سوزاندن پسماند از عوامل ورود فلزات سنگین به خاک و آب در اکوسیستم های سطحی محسوب می شوند (Schwarz et al., 2016). عموماً هرچه غلظت فلزات سنگین در خاک افزایش یابد بر مقدار قابلیت دسترسی زیستی این عناصر افزوده می شود (Rang et al., 2013). با افزایش قابلیت دسترسی زیستی، جذب این عناصر توسط گیاه بیشتر شده و بنابراین فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تنفس، فتوسنتز، رشد سلولی، تعادل آب در گیاه، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه تحت تأثیر قرار می گیرند که نتیجه آن کاهش رشد گیاه خواهد بود. جذب بیش از حد این

عناصر توسط گیاهان و ورود به زنجیره غذایی، سلامتی انسان را مورد تهدید قرار می دهد (Cui et al., 2005). این فلزات در مقادیر بالا می توانند باعث اختلالات مورفولوژیکی، کاهش رشد، افزایش مرگ و میر و اثرات ژنتیکی در انسان شوند (Fiket et al., 2007). حجتی (۲۰۱۷) در مطالعه ای در خاک های منتخب شمال استان خوزستان که به منظور ارزیابی آلودگی و توزیع منبع فلزات آرسنیک، سرب و مس با استفاده از شاخص های آلودگی و تحلیل مؤلفه های اصلی انجام داد به این نتیجه رسید که منشأ فلزات مس و سرب با غنی سازی متوسط تا زیاد در این منطقه، هر دو عامل منابع طبیعی و انسانی است، این در حالی است که منشأ آرسنیک در این خاک ها عمدتاً تحت تأثیر منشأ لیتوژنیک قرار می گیرد؛ بنابراین استان خوزستان در جنوب غربی ایران، یکی از مراکز مهم کشاورزی و صنعتی در کشور است. کشاورزی گسترده و کاربرد سموم و آفت کش های شیمیایی، استفاده از کمپوست و لجن فاضلاب از یک سو و تعدد صنایع مستقر در منطقه از جمله صنایع مرتبط با فولاد، نفت و همچنین پدیده غالب گردوغبار از سوی دیگر، اهمیت زیست محیطی و لزوم بررسی میزان آلودگی فلزات با پتانسیل آلودگی زیاد را در خاک های این منطقه دوچندان می کند.

تغییر کاربری اراضی

با توجه به اینکه مبحث تغییر کاربری اراضی کشاورزی، یکی از مهم ترین چالش منابع خاک کشور به ویژه در اراضی حاصلخیز کشاورزی بوده و دارای پیامدهای منفی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی نیز است، لذا روند تعیین، وضعیت قابلیت کشاورزی اراضی و چالش های موجود در استان خوزستان به صورت تفصیلی در این بخش بیان شده است.

روند تعیین قابلیت اراضی کشاورزی

تعیین کیفیت اراضی در قالب کلاس های طبقه بندی اراضی و بر اساس استانداردهای موجود در دستورالعمل ۲۰۵ و شیوه نامه موسسه خاک و آب ارزیابی

است (Soil and Water Research Institute. 1989). که این دستورالعمل بر اساس بررسی ۱۸ گانه ویژگی‌های مهم در رابطه با خصوصیات خاک و اراضی، اراضی را در شش کلاس مختلف I تا VI طبقه‌بندی می‌کند. در طبقه‌بندی اراضی که با هدف تعیین قابلیت اراضی برای انجام آبیاری سطحی انجام می‌گیرد، خصوصیتی از اراضی و خاک اندازه‌گیری و تعیین می‌شود که برای مدیریت اراضی کشاورزی بسیار حائز اهمیت است. بر اساس این راهنما، اراضی با توجه به محدودیت‌های چهارگانه (محدودیت خاک، شوری و قلیائیت، ناهمواری و فرسایش و خیس) که هر یک با تعیین خصوصیات مختلف اراضی و خاک تعیین می‌گردد، در کلاس‌ها و تحت کلاس‌های مشخص، طبقه‌بندی می‌شود.

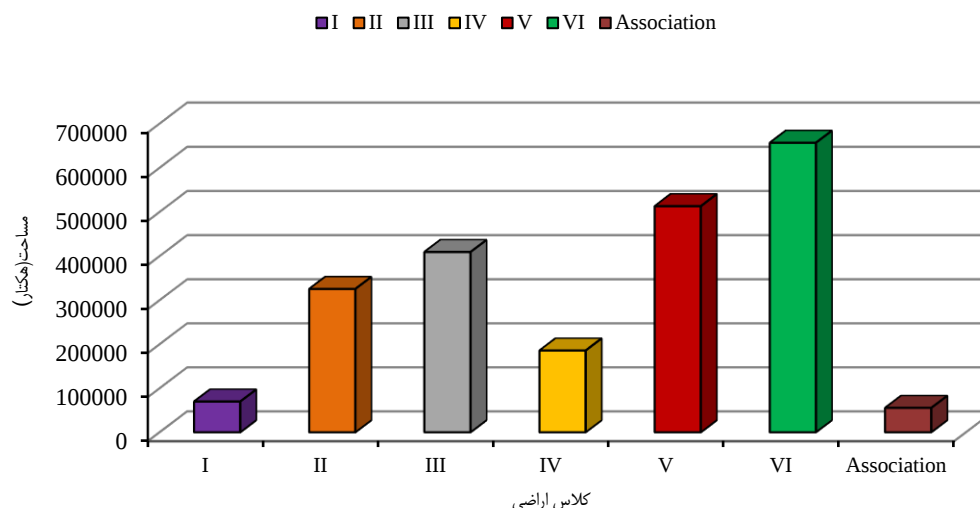
لذا در ادامه با توجه به مطالب ارائه‌شده روند بررسی، وضعیت پراکنش کلاس‌های اراضی و محدودیت‌های موجود در استان و چالش‌ها و پیشنهادها، مربوطه در رابطه با وضعیت اراضی استان خوزستان بیان شده است.

وضعیت قابلیت کشاورزی اراضی در خوزستان

وسعت اراضی استان خوزستان حدود ۶/۵ میلیون هکتار، نزدیک به ۲/۵ میلیون هکتار به‌صورت کوه و تپه است. از چهار میلیون هکتار مابقی اراضی که مشتمل بر دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رودخانه‌ای، اراضی پست و

سیل‌گیر، واریزه‌ای و اراضی ماندابی است. هر چند اگر تالاب‌ها، دریاچه‌های طبیعی، تپه‌های شنی و سایر اراضی کم‌بازده را نیز کسر نماییم حدود ۲/۸ میلیون هکتار اراضی باقی می‌ماند که شامل اراضی مناسب برای کشاورزی و اراضی دارای محدودیت شوری و قلیائیت می‌باشند. نتایج حاصل از مطالعات خاکشناسی نشان می‌دهد که حدود یک میلیون هکتار از اراضی در حال حاضر بدون محدودیت و یا دارای محدودیت کم تا متوسط و حدود ۱/۸ میلیون هکتار به‌صورت اراضی بایر و بدون استفاده می‌باشند (Jafarejadi et al., 2024).

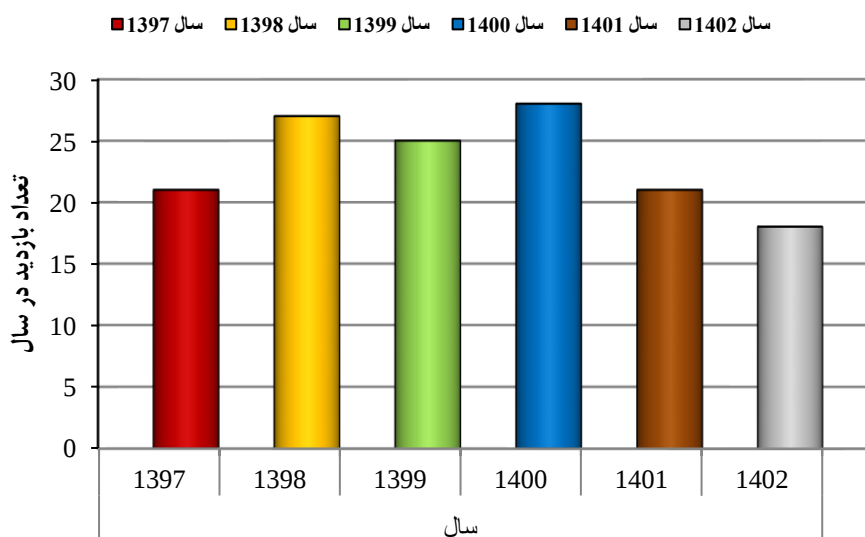
بنابراین بر اساس اطلاعات موجود در نقشه قابلیت اراضی مربوط به مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی وسعتی بالغ بر ۲/۱۳۳/۷۳۷ هکتار از خاک‌های استان خوزستان که حدود ۳۳/۷ درصد وسعت کل استان را در بر می‌گیرد، از لحاظ وضعیت منابع خاک و طبقه‌بندی اراضی به شرح ذیل است (شکل ۳): که طبق آمار موجود بیشترین مساحت اراضی مطالعه شده در استان اراضی کلاس VI (غیرقابل کشت) با مساحت حدود ۶۵۶۵۵۱ هکتار که ۲۹/۶۳ درصد کل اراضی را تشکیل می‌دهد و کمترین مساحت به اراضی کلاس I (قابل کشت) با مساحت حدود ۶۹۷۸۷ هکتار که ۳/۱۵ درصد کل اراضی را تشکیل می‌دهد. شایان ذکر است که از مجموع اراضی فوق‌الذکر ۵۵۳۶۵ هکتار معادل ۲/۵ درصد به‌صورت مخلوط و متفرقه گزارش شده‌اند.



شکل ۳- وضعیت طبقه‌بندی اراضی در استان خوزستان (مساحت کلاس اراضی)
Figure 3- Status of land classification in Khuzestan province (Area of land classes)

اقتصادی و اجتماعی، اقلیمی و ...) بی‌ارتباط نباشد، هر چند که در سال‌هایی که شرایط پایداری برای کشاورزی از لحاظ وضعیت اقلیمی (دما و بارش) فراهم شود معمولاً متقاضیان بیشتر به کار کشاورزی مشغول بوده و تعداد مراجعات کاهش پیدا می‌کند.

به‌طورکلی با توجه به اطلاعات و آمار موجود (شکل ۴) تعداد مراجعات در سال‌های مورد بررسی متفاوت بوده است و بیشترین تعداد در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۸ اتفاق افتاده است و کمترین تعداد در سال ۱۴۰۲ بوده است که شاید علت آن با شرایط حاکم بر کشور (شرایط



شکل ۴ - وضعیت آمار بازدید اراضی در استان خوزستان در دامنه سال‌های ۱۳۹۷-۱۴۰۲ (آمار بازدیدهای صورت گرفته در هر سال)
Figure 4- Status of land visit statistics in Khuzestan province in the range of 1397-1402 (statistics of visits made in each year)

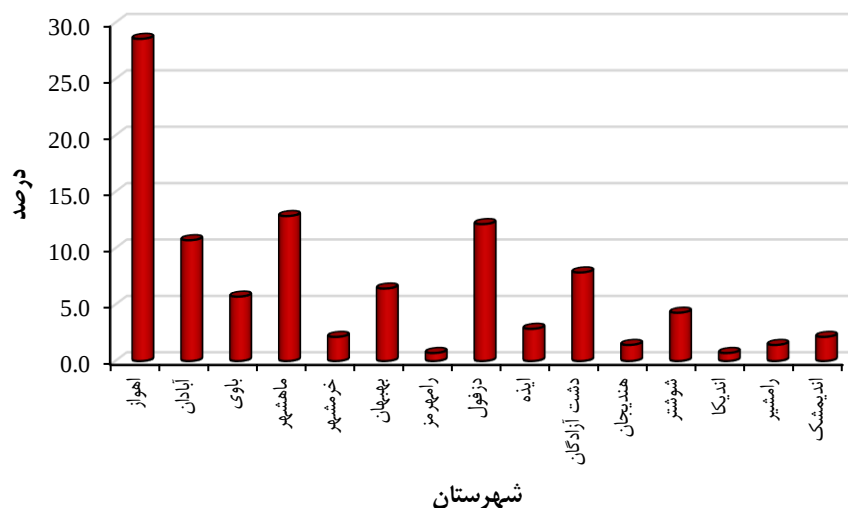
صنایع، کارگاه‌ها و کارخانه‌ها، طرح‌های گردشگری، پرورش ماهی و میگو و نهایتاً احداث گلخانه است. اخیراً نیز، با توجه به جهش ملی مسکن، تقاضای تغییر کاربری

بررسی درخواست‌ها در دامنه سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ در استان خوزستان نشان می‌دهد که بیشترین درخواست‌های کاربری اراضی به ترتیب مرتبط با احداث

به‌منظور ساخت مسکن در حال افزایش است، نویدی و همکاران (۲۰۲۳) در یک بررسی ملی نتیجه مشابهی را گزارش نموده‌اند.

مطابق با نتایج ارائه‌شده در شکل شماره ۵ که سهم هر شهرستان از بازدیدهای صورت گرفته در دامنه مورد بررسی را نشان می‌دهد، تعداد مراجعه‌ها جهت بازدید اراضی در شهرهای مختلف دارای نوسان است و اما بررسی نتایج کلی در دامنه موردبررسی حکایت از این دارد که بیشترین متقاضیان پرونده‌های بازدید اراضی پنج سال اخیر مربوط به شهر اهواز بوده است و بعد از آن شهرهای مهاجر، دزفول و دزفول به ترتیب در جایگاه بعدی قرار دارند. شهرهای بزرگ کشور ازجمله اهواز است. شهر اهواز به عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز صنعتی کشور با دارا بودن کارخانه‌های و صنایع نفت به‌عنوان یکی از شهرهای مهاجرپذیر کشور مطرح است. هر چند که این موضوع

سابقه طولانی دارد و از زمان وقوع جنگ هشت‌ساله ایران و عراق به دلیل تخریب شهرهای ساحلی و انهدام صنایع و تأسیسات مشابه و از کار افتادن صنایع و مراکز بزرگ اشتغال و تأسیسات بنادر نیز باعث شد تا جمعیت این مناطق به اهواز و سایر شهرهای کشور مهاجرت اجباری نمایند (Amanpour et al., 2017) و این مهاجرت ادامه دارد. در این زمینه محرومیت‌زدایی و ایجاد راهبردهای مناسب برای اشتغال و کارآفرینی در مناطق روستایی و حاشیه‌ای و امکانات و خدمات زیربنایی مناسب در شهرهای کوچک، به تثبیت جمعیت در این نواحی و جلوگیری از مهاجرت جمعیت به شهرهای بزرگ ازجمله اهواز می‌انجامد. این امر نیز کاهش تغییر کاربری زمین را در پی دارد و در ضمن یکی از بحران‌های اصلی در مورد تغییرات کاربری ارضی، تبدیل زمین‌های کشاورزی و باغات به مناطق شهری است که لزوم توجه به این زمینه بیش از پیش در مطالعات احساس می‌شود.



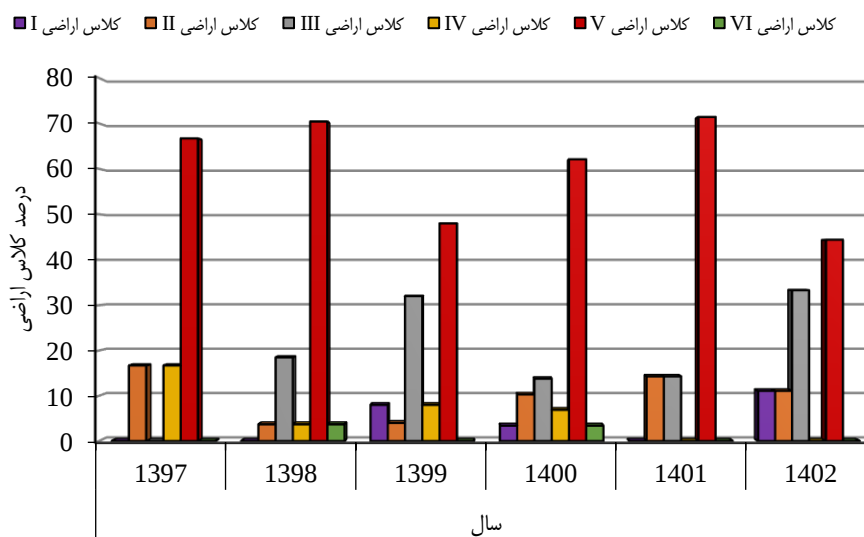
شکل ۵- فراوانی بازدیدهای صورت گرفته در هر شهرستان در دامنه سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲
Figure 5- The frequency of visits made in each city in the range of 2018 to 2023

بررسی نتایج وضعیت پراکنش و درصد کلاس‌های اراضی تعیین‌شده در هر سال (شکل ۶) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات کلاس‌های طبقه‌بندی اراضی از I تا VI با تحت کلاس‌های مختلف متغیر است ولی بیشترین

پراکنش کلاس‌ها در هر سال مربوط به کلاس‌های V و III است. که غالب کلاس‌های V موجود مربوط به محدودیت شوری و قلیائیت خاک است. بایستی مد نظر داشت که با توجه به اینکه پدیده شوری و قلیائیت ایستا نبوده و دینامیک

است و با توجه به فصل بازدید متفاوت است در صورت مدیریت مناسب آبیاری و اصلاح خاک، بهره‌برداری خاک ممکن است و به‌طوری‌که در برخی موارد دولت با هزینه هنگفت در استان خوزستان و امثال طرح ۵۵۰ هزار هکتاری طرح آبیاری و زهکشی پیاده کرده و اراضی را احیا نموده است، یعنی اینکه بستر و زیرساخت برای اصلاح این نمونه خاک‌ها فراهم است و اگر بهره‌بردار قصوری به خرج دهد و اراضی را مدیریت نکند طبیعی است که با توجه به وضعیت اقلیمی استان خوزستان (بارندگی کم و گرمای زیاد) شوری و املاح خاک افزایش خواهد یافت و املاح محلول با نیروی کاپیلاری به سطح خاک منتقل خواهد شد؛ و لذا اراضی با محدودیت شوری غالب شده و امکان عدم بهره‌وری کشاورزی و مستعد بودن به تغییر کاربری در این قبیل اراضی قوت خواهد گرفت و در بازه زمانی نه‌چندان زیاد با توجه به اینکه غالب اراضی جنوب و غرب استان دارای شرایط مشابه می‌باشند از قابلیت کشاورزی ساقط خواهند شد؛ بنابراین با توجه به شیوه‌نامه تعیین قابلیت اراضی موجود (نشریه ۲۰۵) که در این طبقه‌بندی که برای تعیین محدودیت‌های اراضی برای آبیاری سطحی گیاهان یک‌ساله طراحی شده است، چون برای محدودیت‌های شوری و قلیائیت و محدودیت خیزی (حضور آب در خاک) کلاس چهارم وجود ندارد اراضی با کمترین اختلاف شوری با توجه به بازه شوری موجود در دستورالعمل در دو کلاس متفاوت (کلاس‌های V و III) قرار می‌گیرند و

باعث اختلاف در دید بهره‌برداران و همچنین عدم مدیریت و تصمیم‌گیری جامع می‌شود و در نتیجه با توجه به اینکه غالب اراضی مرکزی، جنوب و غرب خوزستان دارای محدودیت‌های شوری و در برخی مناطق عمق آب زیرزمینی را دارند، لازم است دستورالعمل حاضر نسبت به این دو محدودیت بازنگری و اصلاح شود و همچنین لازم به ذکر است که در رابطه به سایر کلاس‌ها و محدودیت‌ها نیز، همان‌طور که زین‌الدینی و همکاران (۲۰۱۳) نیز مطرح نموده‌اند، تحت کلاس‌های مختلف بر روی کیفیت اراضی برای واگذاری از ارزش یکسانی برخوردار نیستند، به‌طوری‌که در برخی موارد اراضی دارای یک نوع تحت کلاس خاص از کلاس II، دارای شرایط نامناسب‌تری نسبت به یک زیرکلاس از کلاس III می‌باشند و به نظر می‌رسد در فرایند واگذاری اراضی در مبحث بررسی کیفیت اراضی موردبررسی، روش‌های موجود کارایی لازم را نداشته و چه بسا اراضی که به‌سادگی قابل اصلاح بوده‌اند بنا به شرط و شروط‌های قراردادی (مثلاً کلاس IV) و بالاتر به‌منظور استفاده غیر کشاورزی واگذار می‌شوند؛ بنابراین دستورالعمل و روش‌های مورد استفاده نیاز به بازنگری و حتی تحول اساسی دارد. که مطابق توصیه همکاران در این رابطه مطالعه کافی و اعمال روش‌های مبتنی بر یافته‌های علمی و تجربیات کارشناسی دقیق می‌تواند بسیار مؤثر باشد.



شکل ۶- وضعیت پراکنش کلاس‌های اراضی تعیین شده در هر سال

Figure 6- The state of the distribution of land classes determined in each year

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

رشد روزافزون جمعیت همراه با محدودیت گسترش زمین‌های زراعی منجر به ضعف توان‌بخش کشاورزی در تأمین غذای مردم جهان شده است. از سوی دیگر همین مقدار زمین‌های محدودی که وجود دارند نیز به دلیل استفاده نادرست، در درازمدت کیفیت خود را از دست داده و باعث ناپایداری تولیدات کشاورزی شده است؛ بنابراین برای داشتن تولید پایدار، می‌بایست در طول زمان، کیفیت خاک به‌عنوان بستر تولید محصول، حفظ شود؛ بنابراین عواملی چون آبیاری بی‌رویه با استفاده از آب‌های شور، بی‌توجهی به پتانسیل اراضی برای بهره‌برداری، تغییر کاربری اراضی بدون توجه به استعداد آن، تغییرات رژیم هیدرولوژی زیست‌بوم‌ها، از بین بردن پوشش گیاهی بومی منطقه در اثر خشک‌سالی‌های انسان‌ساز و عدم امکان توسعه مجدد آن، عدم به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین در بهره‌برداری از اراضی، عدم استفاده از تناوب کشت، خاک

را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در همین راستا با توجه بر اهمیت حفظ خاک‌های مناسب برای کشاورزی که ارتباط مستقیم با امنیت غذایی دارد، بایستی قوانین مستحکم‌تر و سخت‌گیرانه‌تری در ارتباط با صدور مجوز در این اراضی لحاظ گردد و با توجه به ضرورت اهمیت خاک برای تداوم زندگی بشری و بیان آمار نگران‌کننده در خصوص این عنصر طبیعی انتظار می‌رود وضعیت بحرانی موجود برای قشرهای مختلف به‌ویژه کشاورزان تشریح شود و با ارائه برنامه‌های فرهنگی، آموزشی و ترویجی، بهره‌برداران خاک را نسبت به این موضوع حساس کرد تا با فرهنگ‌سازی بیشتر از این منبع خدادادی صیانت بیشتری داشته باشیم.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

Reference

1. Abdulahi, M., Jafari, S., Sadeghi B. 2010. The effect of different soil preparation factors on soil characteristics in Khuzestan province. The 5th National Conference of New Ideas in Agriculture, Khorasgan, Isfahan (in Persian).
2. Afshari, A., Khademi, H., & Alamdari, P. (2015). Determination of Natural and Anthropogenic Factors on Pollution of Heavy Metals in the Central Zanjan (Based on Multivariate Analysis). *Water and Soil*, 29(5), 1320-1332(in Persian).

3. Amanpour, S., Kamelifar, M. J., Bahmani, H. 2017. 'An Analysis of landuse changes in metropolises using satellite imagery analysis in the ENVI environment Case study: Ahvaz metropolis', Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 26(102), pp. 139-150 (in Persian). **doi: 10.22131/sepehr.2017.27463**
4. Amini Nesab, S.M. 2004. The challenges of managing soil resources as a national capital, with an emphasis on ways to prevent its loss. Conference on methods of preventing the loss of national resources, Tehran, page 537-546(in Persian).
5. Arabameri, A., H. R. Pourghasemi and A. Cerda. 2018. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multicriteria decision making models. Science of the Total Environment 613-614: 1385-1400.
6. Asadi, H., Besharati, H., & Gorji, M. 2022. Challenges and Limitations of Soil and Land Resources in Iran. *Land Management Journal*. 10(1): 111-134 (in Persian). **doi: 10.22092/lmj.2022.358760.309**
7. Banaei, M. H., 2002. Map of Iran's soil resources and potential. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 6 pages (in Persian).
8. Cui, Y., Zhu, Y.G., Zhai, R., Huang, Y., Qin, Y., and Liang, J. 2005. Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning, China. *Environment International*. 31: 784-790.
9. Darwish, T., Atallah, T., El Moujabber, M. and Khatib, N., 2005. Salinity evolution and crop response to secondary soil salinity in two agro-climatic zones in Lebanon. *Agricultural water management*, 78(1-2), 152-164.
10. Davoudi, S., Ghafari, H., Farrokhan Firouzi, A. 2024. Spatial Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield in GIS Environment Using SEDD and RUSLE Models: A Case Study Roudzard Watershed in Khuzestan Province. *Jwmseir*. 18 (66) : 1
11. FAO/UNDP. 1972. Calcareous soils. Report of the Regional Seminar on Reclamation and Management of Calcareous Soils. 27 Nov., Cairo. Egypt.
12. Ferri, R., Donna, F., and Smith, D.R. 2012. Heavy metals in soil and salad in the proximity of historical ferroalloy emission. *J. Environ. Prot.* 3: 5. 374-384.
13. Fiket, Z., Roje, V., Mikac, N., and Kniewald, G. 2007. Determination of arsenic and other trace elements on bottle waters by high resolution inductivity coupled plasma mass spectrometry.
14. Gholami, A., baghernejad, M., Azadi, A., Shakeri, S. 2021. 'Effect of Long Term Rice Cultivation on Potassium Status, Clay Mineralogy and Some Physicochemical Properties of Calcareous Soils in Fars Province', *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(1), pp. 123-141 (in Persian). **doi: 10.22059/ijswr.2020.310326.668741**
15. Heidarian, P., Azhdari, A., Jodaki, M., Darvishi Khatooni, J., Shahbazi, R. 2017. 'Identifying interior sources of dust storms using remote sensing, GIS and geology (case study: Khuzestan province)', *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 27(105), pp. 33-46 (in Persian) .**doi: 10.22071/gsj.2017.53928**
16. Hojati, S. 2017. Pollution assessment and source apportionment of arsenic, lead and copper in selected soils of Khuzestan Province, southwestern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 10:528.
17. Information base of the Agricultural and Natural Resources Engineering Organization of IRAN, 2023. Available at: <https://agrieng.org/orgreport/item/2161>
18. Jafarnejadi, A., Meskini vishkaei, F. 2024. Status and management of soil fertility and plant nutrition in Khuzestan. Karaj: Soil and Water Research Institute (in Persian).
19. Jafarnejadi, A., Meskini vishkaei, F., Azadi.A. 2024. Practical principles of balanced nutrition of agricultural crops of Khuzestan province, volume one: wheat, barley and rice. Isfahan. Iran (in Persian).
20. Jafarnejadi, A., Davatgar, N., Meskini vishkaei, F., Tafteh, A. 2017. Study of spatial changes and salinity zoning (geostatistics) of agricultural lands in Khuzestan Province. The First National Conference on Salting .National Salting Research Center, Yazd -Iran (in Persian).

21. Jafari, S. 2020. Effects of Dam Construction and the Karoon River's Change of Hydrology Regime on Soil Salinity and Dust Storms of Khuzestan Plain. *Irrigation Sciences and Engineering*, 43(1), 157-172(in Persian).
22. Jafari, S, and Nadian, H. 2014. The Study of a Toposequence Soil Series and Clay Mineral Assemblage in some Soils of Khozestan Province. *JWSS*, 18 (69), pp.151-164(in Persian).
23. Jafari, S. 2013. Identifying the diversity of soils in Khuzestan province. Ramin University of Agriculture and Natural Resources. Research project number 188-18(in Persian).
24. Jafari, S., Hajishah, M., and Hamadi Sawari, C. 2010. Causes and origins of salinity and salinization of lands in the south of Khuzestan. 3rd National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz (in Persian).
25. Keshavarzi, A., F. Sarmadian, R. Labbafi and A. Ahmadi. 2011. Developing pedotransfer function for estimating field capacity and permanent wilting point using fuzzy table look-up scheme. *Computer and Information Science* 4: 130-141.
26. Khasanov, S., Li, F., Kulmatov, R., Zhang, Q., Qiao, Y., Odilov, S., Yu, P., Leng, P., Hirwa, H., Tian, C. and Yang, G., 2022. Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: as an example of Syrdarya Province, Uzbekistan. *Agricultural Water Management*, 263, 107444.
27. Khavazi, K. 2014. Introduction to the comprehensive program of soil fertility and plant nutrition 1393-1404. Volume 1. Karaj: Soil and Water Research Institute (in Persian).
28. Keshavarz, P., Zangiabadi, M., & Abbaszadeh, M. 2013. The effect of soil moisture and salinity on the relationship between soil organic carbon and wheat yield. *Iranian Journal of Soil Research*, 27(3), 271-259.
29. Khuzestan province program and budget organization. 2013. Khuzestan province study studies, natural resources report, environmental studies of the province. Volume 9, 258 pp.
30. Litalien, A. and Zeeb, B., 2020. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. *Science of the Total Environment*, 698, 134235.
31. Momeni, A., 2011. Geographical distribution and salinity levels of Iran's soil resources. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences): A*, 24 (3): 215-203, (in Persian).
32. Moshiri, F., S. Samavat, and M.R. Balali. 2017. Soil organic carbon: A key factor of sustainable agriculture in Iran. pp. 492-496. Proceedings of the global symposium on soil organic carbon. 21-23 March. FAO, Rome, Italy.
33. Moshiri F., Safari, H., Keshavarz P. and Zahedi Fard, N. 2021. Soil organic matter and its place in Iran's agriculture, examining the current situation, analyzing problems and limitations, providing solutions. Karaj: Soil and Water Research Institute, 74 p. (in Persian).
34. Mullayi Hashjin N, Mullae Pardeh S. 2014. Spatial analysis regarding agricultural development in Khuzestan's counties. *Journal Space Economy & Rural Development*, 3 (8) :19-38(in Persian).
35. Navidi, M., Asadi Rahmani, H., Chatrenour, M., Kharazmi, R., Jamshidi, M., Ziaee Javid, A., MohamadEsmail, Z., ebrahimi meymand, F. 2023. 'Changes in Agricultural Land Use as a Threat to Food Security', *Land Management Journal*, 11(2), pp. 229-248 (in Persian). doi: 10.22092/lmj.2023.362757.336.
36. Norouzi, S., Sohrabi, A., Khavazi, K., & Matinfar, H. R. 2018. Effect of Sulfur Application on Soil pH and Phosphorus Availability for Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Sol Biology*, 6(1), 29-41 (in Persian).
37. Noroozi, A. and Shoaee, Z. 2018. Identifying areas with dust generation potential in the south west of Iran, case study: Khuzestan Province. *Watershed Engineering and Management*, 10(3), 398-409. doi: 10.22092/ijwmse.2018.117329
38. Qureshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., Tural, H., Javadi, A. 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. International Water Management Institute, IWMI Working Paper 125, Colombo, Sri Lanka, 30 p.

39. Rangzan, N., Datta, S.P., Rattan, R.K., Dwivedi, B.S., and Meena, M.C. 2013. Prediction of the solubility of zinc, copper, nickel, cadmium and lead in metal contaminated soils. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185: 10015-10025.
40. Rezaei, K. 2022. Classification and determination of erodibility indices of marls in southeast of Pishva-Varamin area using rainfall simulator. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 7(26), 53-39.
41. Roozitalab, M.H., H. Siadat, and A. Farshad. 2018. *The Soils of Iran*. World Soils Book Series. Springer, Switzerland.
42. Saadat, S., 2019. Final report of agricultural soil quality monitoring. Soil and Water Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), (in Persian).
43. Saadat, S., Rezaei, H., Esmaeelnejad, H., Mirkhani, R. and Bagheri, Y. R. 2023. Salinity map of Iran's agricultural soils. Technical Journal No. 630, Soil and Water Research Institute of Iran (in Persian).
44. Saadinejad, S., Jafarnjadi, A., Gholami, A. and Moazi, A. 2013. Investigating the spatial changes of absorbable copper and manganese in the soils of wheat fields in the north of Khuzestan province. *Agricultural Engineering*, 36(2), pp 69-80(in Persian).
45. Savari Z, Hojati S, Taghizadeh Mehrjerdi R. 2021. Digital Mapping of Surface Soil Salinity in Khuzestan Province, Using Regression Kriging. *JWSS*. 25 (3), pp: 159-175(in Persian).
46. Saidian, H., and Aghamirzadeh, A. 2022. An overview of different methods of dealing with water erosion in the world. *Journal of Water Conservation and Productivity*, 1(6):32-44(in Persian).
47. Schwarz, K., Pouyat, R.V., and Yesilonis, L. 2016. Legacies of lead in charm city's soil: lesson from the Baltimore ecosystem study. *Inter. J. Environ. Res. Public Health*. Pp: 209-223.
48. Seyedmohammadi, J., Esmaeelnejad, L., Ramezanzpour, H. 2016. 'Increasing Efficiency of Soil Fertility Map for Rice Cultivation Using Fuzzy Logic, AHP and GIS', *Water and Soil*, 30(4), pp. 1114-1129 (in Persian). **doi: 10.22067/jsw.v30i4.38868**
49. Shahbazi, K., & Besharati, H. 2013. Overview of Agricultural Soil Fertility Status of Iran. *Land Management Journal*, 1(1), 1-15. **doi: 10.22092/lmj.2013.100072**
50. Shahraini, E. and Noroozi, A.A., 2022. Modeling and Mapping of Soil Salinity and Alkalinity Using Remote Sensing Data and Topographic Factors: A Case Study in Iran. *Environmental Modeling & Assessment*, 27(5), 901-913.
51. Soil and Water Research Institute. 1989. Guide to land classification for irrigation. Technical Journal No. 766 (translation of Technical Journal No. 205). Tehran. Iran (in Persian).
52. Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy*. Second Edition. USDA, NRCS.
53. Soleimani, F., Kalehhouei, M., & Lotfollazadeh, D. 2023. Study of the Morphological Characteristics of Gullies in Khuzestan Province. *Watershed Management Research*, 36(3), 23-41 (in Persian).
54. Taherzadeh, M.H., Hasani, A. and Bani Nameh, J., 2003. Geological map of Khuzestan province. Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan Province (in Persian).
55. Yalcin, M.G., Battaloglu, R., and Ilhan, S. 2007. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. *Environmental Geology*. 53: 399-415.
56. Zaman, M., S. A. Shahid and L. Heng. 2018. *Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques*. Springer, Switzerland.
57. Zare, N., Hassounizadeh, H., Shahinzadeh, N., Roshanfekr, Q., Bahramalipour, M. 2017. Spatial distribution of some soil characteristics of agricultural lands in South Ahvaz-Khuzestan, 15th Congress of Soil Sciences of Iran, 28-30 August, Isfahan (in Persian).
58. Zeinoddini-Meymand, A, Jamshid, M, and Ebrahimi Meymand, F. 2013. Investigating the effectiveness of the land classification system in Iran for land transfer. Karaj: Soil and Water Research Institute (in Persian).