پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران

عزیز مؤمنی[۱]*

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج؛ **momeniaziz@gmail.com**

چکیده

اطلاعات کمی در مورد پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاکهای کشور در مقیاس سرزمین و در مقیاس اراضی کشاورزی ارایه شده است. در مقیاس سرزمین، اطلاعات موجود در بانک اطلاعات نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نقشه پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری عرصه های شور کشور ارایه شده است. در مقیاس اراضی کشاورزی، پراکنش استانی و سطوح شوری خاک برمبنای تجزیه و تحلیل آماری داده های اندازه‌گیری شده در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی کشور ارایه شده است. از مجموع، ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور که دارای خاکهای مبتلا به درجات مختلف شوری هستند، حدود ۴/۳ میلیون هکتار جزو آندسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند و حدود ۲/۵ میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک، پستی و بلندی، فرسایش وآب زیرزمینی نیز هستند. فقط ۸/۴ درصد از کل ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی مبتلا به شوری در کشور دارای مسئله آب زیرزمینی در محدودهٔ رشد ریشه هستند. این مزیتی است که اصلاح آنها را ازجنبه های فنی و اقتصادی پر هزینه نمی سازد.

واژه های کلیدی: شوری منابع خاک، آب زیر زمینی، کلاس اراضی، پراکنش جغرافیایی خاکهای شور، ایران

مقدمه

در ایران، شوری یک مسئله فراگیر و محدود کننده تولید پایدار کشاورزی است به طوری که قسمتهای زیادی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور، به ویژه فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان، مبتلا به سطوح مختلف شوری اند. بر خلاف بزرگی و گستردگی مسئله شوری، تاکنون برنامه جامعی برای مهار آن در وجود ندارد. در نیم قرن گذشته تحقیقات زیادی در زمینه شوری خاک اراضی کشاورزی کشور انجام شده است. نخستین بررسی‌ها از اواخر دههٔ ۱۳۳۰ خورشیدی توسط موسسه خاکشناسی ایران با همکاری سازمان خوار و بار جهانی در قالب یک پروژهٔ حاصلخیزی خاک انجام شد (فائو، ۱۹۷۲). از آن زمان تاکنون، تحقیقات مربوط به خاکهای شور علاوه بر مؤسسه تحقیقات خاک و آب توسط سازمانهای تحقیقاتی دیگر نیز پیگیری شده است. نبود آگاهی از سطوح شوری و ابعاد جغرافیایی خاکهای شورکشور در سطوح ملی و منطقه ای باعث شده است تا بررسی مسائل خاکهای شور نه به صورت مقیاس‌مند وکشور – شمول بلکه به صورت موردی و در قالب تحقیقات متفرق و/یا موازی، غالباً توأم با هم پوشانی جغرافیایی و دو باره کاری دنبال شود (مؤمنی و همکاران، ۱۹۹۹).

۱- نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مشکین دشت، مؤسسه تحقیقات خاک و آب- ص. پ. ۳۱۱-۳۱۷۸۵

* دریافت: دی، ۱۳۸۹و پذیرش: دی ۱۳۸۹

Archive of SID

هدف از انجام این تحقیق ارایه اطلاعات کمی در مورد ابعاد مسئله شوری در سطوح ملی و منطقه‌ای است. در این تحقیق، پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاکهای کشور در مقیاس سرزمین و در مقیاس اراضی کشاورزی در قالب یک پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "رقومی سازی اطلاعات منابع خاک کشور در سطوح ملی و محلی" مورد بررسی قرار گرفته است. در مقیاس سرزمین، اطلاعات موجود در بانک اطلاعات نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران (بنائی، ۱۳۸۰) در محیط نرم افزار آرک جی آی اس[1] استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج به شکل نقشه پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری عرصه های شور کشور ارایه شده است. در مقیاس اراضی کشاورزی، پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاک اراضی کشاورزی برمبنای تجزیه و تحلیل آماری داده های اندازه‌گیری شده در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی کشور که طی بیش از نیم قرن گذشته انجام شده و اطلاعات آن در آرشیو موسسه تحقیقات خاک و آب موجود است، تعیین و ارایه شده است.

مواد و روشها

مسئله شوری منابع خاک کشور با دو مقیاس مورد بررسی قرار گرفت: مقیاس سرزمین و مقیاس اراضی کشاورزی. در مقیاس سرزمین، ابعاد مسئله شوری در کل سرزمین ایران بررسی شد. اطلاعات شوری منابع خاک در مقیاس سرزمین از نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران (بنائی، ۱۳۸۰) استخراج شده است. نقشه فوق، بر اساس اطلاعات خاکشناسی موجود در آرشیو موسسه تحقیقات خاک و آب و اطلاعات خاکشناسی حاصل از انجام عملیات میدانی جدید و تلفیق آنها با اطلاعات مستخرج از تفسیر چشمی[2] تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست برداشت شده طی سالهای ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۲ میلادی، نقشه‌های یک میلیونیم زمین شناسی کشور (شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۷۷)، نقشه رژیم های رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران (بنائی، ۱۳۷۰)، نقشه های عوارض طبیعی سازمان نقشه برداری کشور، و نقشه یک میلیونیم استعداد خاک، جنگل و مرتع و پوشش گیاهی ایران (سازمان جنگلها و مراتع کشور، ۱۳۶۴) و همچنین، از آمار و اطلاعات هوا شناسی، فیزیوگرافی و لندفرم استفاده شده است. در نقشه منابع و استعداد خاکهای ایران، خاکها در سطح زیر گروه بر اساس روش طبقه‌بندی جامع خاک ها (هیأت مطالعات خاکشناسی، ۱۹۹۹) طبقه‌بندی شده اند و ترکیب واحد نقشه خاک شامل یک خاک غالب[3]، یک خاک همراه[4] و یک خاک الحاقی[5] است. برای هر واحد نقشه، بافت خاک سطحی، لندفرم، شیب غالب و استعداد خاکها برای کاربری های اصلی مشخص گردیده است.

در مقیاس سرزمین، مناطقی مورد بررسی قرار گرفتند که عمق خاک آنها بیش از ده سانتی متر بوده و طبق تعاریف ارائه شده در کتابچه راهنمای خاکشناسی (هیأت مطالعات خاکشناسی، ۱۹۹۳) مناطق دارای خاک محسوب می شوند. بنابر این، در مقیاس سرزمین بجز آندسته از اراضی کشورکه طبق تعریف فوق جزو خاک محسوب نمی شوند، بقیه مورد بررسی قرار گرفتند. اراضی کوهستانی، تپه ماهوری، کوهپایه ای و جلگه ای و همچنین آن دسته از اراضی که در تعاریف ارائه شده در کتابچه راهنمای خاکشناسی به عنوان اراضی متفرقه[6] نامیده شده‌اند نظیر پوسته ها و کفه‌های نمکی، شوره زارهای خشک و مرطوب، بقایای دریاچه های خشک قدیمی، تپه های شنی، اراضی بشدت فرسوده، پلایاها و گنبدهای نمکی جزو اراضی بررسی شده در این مقیاس هستند. به عبارت دیگر، اطلاعات ارایه شده در مقیاس سرزمین در برگیرنده تمامی عرصه های کشاورزی و غیر کشاورزی کشور می باشدکه عمق خاک آنها بیش از ده سانتی متر است.

در مقیاس اراضی کشاورزی، پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاکهای کشور در قالب یک پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "رقومی سازی اطلاعات منابع خاک کشور در سطوح ملی و محلی" مورد بررسی قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به خاکهای شور اراضی کشاورزی بر مبنای مقادیر اندازه گیری شده هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک (ECe) در محدوده جغرافیایی حدود ۲۲ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی که مطالعات خاکشناسی آنها از بدو تأسیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب تاکنون با سطوح دقت اجمالی، نیمه تفصیلی و تفصیلی توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب و یا توسط مهندسین مشاور و با نظارت مؤسسه انجام شده و در آرشیو مؤسسه ذخیره گردیده‌اند، ارائه شده است. با توجه به این که اطلاعات فوق با مقیاس پنجاه هزارم و بزرگتر انجام شده‌اند، اطلاعات شوری مستخرج از آنها می‌تواند برای مدیریت

1- Arc GIS
2- Visual interpretation

3- Dominant soil component
4- Minor soil components
5- Inclusion of soil map unit
6- Miscellaneous lands

Archive of SID

منابع خاک و آب در اراضی کشاورزی مبتلا به شوری مورد استفاده قرار گیرد.

درجه بندی شوری خاک و کلاس اراضی

در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی ایران، درجه بندی شوری خاک با اصلاحات جزئی براساس استانداردهای ارائه شده در راهنمای تشخیص و بهسازی خاکهای شور و قلیا (ریچاردز، ۱۹۵۴) انجام شده است که در آن شوری خاک بر مبنای مقدار کل املاح محلول خاک از طریق اندازه گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تعیین و متناسب با شدت حساسیت و عکس العمل گیاهان زراعی و باغی به شوری، درجه بندی شده است (جدول شماره ۱).

اراضی کلاس I بدون محدودیت بوده و در نتیجه تحت کلاس ندارند. در یک منطقه ممکن است علاوه بر عامل شوری، سایر عوامل مربوط به خاک، پستی و بلندی و آب زیرزمینی نیز برای رشد گیاه محدود کننده باشند. در مطالعات خاکشناسی، تعیین کننده تحت کلاس اراضی براساس قانون بازدهی نزولی[1]، عاملی خواهد بود که محدودیت آن بیش از دیگر عوامل محدود کننده باشد. برای گروه بندی اراضی در کلاس پائین تر از کلاس I ، به عدد نماینده کلاس اراضی یک حرف لاتین اضافه می‌شود که نماینده نوع محدودیت تحت کلاس اراضی است. به عنوان مثال، یک خاک شور با محدودیت شوری کم در تحت کلاس اراضی IIA (A برای محدودیت شوری یا قلیائیت) قرار می‌گیرد. ممکن است اراضی شور علاوه بر محدودیت شوری همزمان دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک (S برای محدودیت‌های جنس خاک مانند بافت، عمق، ضریب آبگذری، نفوذپذیری)، پستی و بلندی (T برای پستی و بلندی یا فرسایش) و آب زیرزمینی (W برای محدودیت زهکشی مثل عمق آب زیرزمینی بالا، خفگی کاذب) هم باشد. معمولاً شدیدترین محدودیت که عامل تعیین کننده کلاس است، برای تعیین زیر کلاسها به کار می‌رود و چنانچه نوع محدودیت دیگری از نظر شدت به طور یکسان در تعیین کلاس نقش داشته باشد آن محدودیت نیز در زیرکلاس نوشته می‌شود. مثلاً حالات مختلفی که تحت کلاسهای شوری اراضی کلاس II ممکن است داشته باشند عبارتند از: IIA، IIAS، IIAW، IIAT، IIASW، IIAST ، IIATW. در محاسبه مساحت خاکهای شور اراضی کشاورزی کشور علاوه بر در نظر گرفتن خاکهائی که صرفاً دارای محدودیت شوری بوده‌اند، آن دسته از خاکهایی که دارای محدودیت شوری بوده و همزمان محدودیت‌های دیگری هم داشته‌اند در نظر گرفته شده است و در هر مورد جداول حاوی اطلاعات مربوطه ارائه شده است.

نتایج و بحث

مسئله شوری در مقیاس سرزمین

در ایران شوری یک مسئله فراگیر و محدود کننده تولید پایدار کشاورزی است به طوری که بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور، به ویژه در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان با درجات مختلف مبتلا به شوری اند. شکل شماره ۱ نقشه پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری اراضی را در مقیاس سرزمین نشان می دهد. براساس اطلاعات مستخرج از نقشه فوق، که به عنوان یک لایه اطلاعاتی از نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاکهای ایران (بنائی، ۱۳۸۰) استخراج شده است، اراضی دارای خاکهای با درجات مختلف شوری مساحتی معادل ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ در صد مساحت کل کشور) را در بر می گیرند که اکثرآنها در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند. عرصه های غیر شور ۸۸ میلیون هکتار (۵۳ درصد مساحت کل کشور) از اراضی کشور را غالباً در رشته کوه های البرز و دشتهای میان – کوهی رشته کوه های زاگرس شامل می شوند. عرصه‌های شور واقع در کویرهای مرکزی شامل پوسته ها وکفه‌های نمکی، شوره زارهای خشک و مرطوب، بقایای دریاچه های خشک قدیمی، تپه های شنی، اراضی فرسوده، پلایاها و گنبدهای نمکی مساحتی برابر با ۲۰ میلیون هکتار از اراضی کشور که اکثراً در فلات مرکزی واقع اند را به خود اختصاص داده‌اند. این دسته از اراضی به دلیل اینکه در هیچ یک از رده‌های تعریف شده خاکها قرار نمی‌گیرند، در طبقه‌بندی جامع خاکها (هیأت مطالعات خاکشناسی، ۱۹۹۹) به نام اراضی متفرقه نامیده شده‌اند. اراضی متفرقه اصولاً فاقد خاک اند و از نظر توان تولید گیاه به عنوان "مناطق بدون خاک" به حساب می‌آیند. عدم توانایی اراضی متفرقه در تولید گیاه را می توان در اثر فرسایش فعال، شسته شدن مداوم با آب، شرایط نا مساعد خاک یا فعالیت های انسانی دانست. بخش هایی از این اراضی را فقط با انجام عملیات اصلاحی عمده می توان حاصلخیز نمود. اطلاعات ارائه شده در سطح سرزمین، جنبه کلی داشته و برآوردی جامع از ابعاد مسئله شوری و پراکنش جغرافیایی عرصه های شور در کشور به دست می‌دهد که می تواند در هدایت اولویت‌های تحقیقاتی و برنامه ریزی های کلان به منظور مدیریت و بهره برداری از این ذخایر ملی مفید باشد.

1- Law of diminishing returns

Archive of SID

مسئله شوری در مقیاس اراضی کشاورزی

در ایران پراکنش فعالیت کشاورزی انعکاسی است از موجودیت منابع طبیعی. طول دوره رشد برای یک گیاه خاص، خاکهای مناسب، زمین هموار و آب، از جمله مهمترین این منابع هستند. شرایط بسیار متغیر آب و هوایی و پستی و بلندی حاکم بر کشور باعث شده است که وقوع توأم این چهار عامل رشد گیاه به ندرت اتفاق بیفتد. در بسیاری از مناطق یک یا بیشتر از این پارامترهای محیطی زیر حد بهینه قرار دارند. در نتیجه، در چهارچوب کلی کشور، فعالیت های کشاورزی دارای طبیعتی گسسته بوده و وصله‌وار تجلی می‌کند. فقط در یک قسمت یعنی دشت ساحلی دریای مازندران است که اراضی کشاورزی یک موزائیک تقریباً پیوسته را در مسافتی نسبتا زیاد تشکیل می‌دهد (شکل شماره ۲).

آمار طویل المدت حاکی از این است که سطح زیر کشت سالانه محصولات کشاورزی در ایران همواره از ۱۰ تا ۱۸ میلیون هکتار در نوسان است (وزارت جهاد کشاورزی، ۸۲- ۱۳۷۵). اراضی کشاورزی فقط ۱۰ درصد از مساحت کشور را در بر می گیرند. در شرایط فعلی، ۴۶ درصد از اراضی کشاورزی (۷/۳ میلیون هکتار) تحت کشت آبی است (کهل، ۲۰۰۶) که ۹۰ درصد محصولات کشاورزی بر روی آنها تولید می شود (سیادت، ۱۹۹۸).

مساحت و سطوح دقت مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در ایران از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸ در جدول شماره ۳ ارائه شده است. در این مدت، جمعاً حدود ۲۲ میلیون هکتار از اراضی کشور در سطوح مختلف دقت مورد مطالعه قرار گرفته و قابلیت‌ها و محدودیت‌های آنها برای آبیاری تعیین شده است. در مجموع ۹۷ درصد از اراضی مطالعه شده با سطوح دقت اجمالی و نیمه تفصیلی و فقط ۳ درصد است با سطح دقت تفصیلی مطالعه شده است.

جدول شماره ۴ مساحت اراضی مطالعه شده در مقیاسهای مختلف را نشان می‌دهد. حدود ۸۰ درصد از این مطالعات با مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ و بقیه با مقیاسهای دیگر انجام شده است. قابل توجه است که بر اساس نتایج حاصل از این مطالعات، فقط ۱/۳ میلیون هکتار (معادل ۶/۵ درصد از کل اراضی کشاورزی کشور) در کلاس I طبقه بندی شده و فاقد محدودیت کشت هستند. بقیه اراضی دارای یک یا چند محدودیت با درجات مختلف هستند.

در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی با هر سطح دقتی که انجام شوند، اسیدیته و شوری خاک واحدهای خاک در مطالعات میدانی تعیین می‌شود (برای پروفیلهای خاک شاهدکه مبناء تفکیک سریهای خاک در منطقه مورد مطالعه می‌باشند، اکثر مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک از جمله شاخص‌های سدیمی بودن خاک اندازه‌گیری می‌شود) و با گروه بندی مقادیر عددی ارزش‌های اندازه گیری شده اقدام به تهیه نقشه‌های شوری و قلیائیت برای منطقه مطالعه شده می‌گردد. اطلاعات موثقی در مورد تفکیک خاکهای شور، خاکهای شور سدیمی و خاکهای سدیمی و پراکنش جغرافیایی آنها در کشور در دسترس نمی باشد. لذا در این تحقیق خاکهای فوق منفک نشده اند. در عین حال، اطلاعات موجود در منابع علمی حاکی از این است که بر خلاف گسترش زیاد خاکهای شور در کشور، خاکهای شور سدیمی و خاکهای سدیمی گسترش چندانی ندارند. فائو (۱۹۸۸) اراضی دارای خاکهای سدیمی را فقط ۲/۶ درصد کل اراضی شور در ایران ذکر می کند. در خوزستان، خاکهای شور و سدیمی ۱۷ درصد از کل خاکهای شور استان را در بر می گیرند و در فلات مرکزی سهم خاکهای شور و سدیمی ۱۶/۵ درصد است (قرشی و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، به نظر می رسد در مواجه با چالش شوری در ایران، تأکید باید بر شور بودن اراضی باشد تا سدیمی بودن آنها.

در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی، خاکهای مناطق شور ایران براساس روش طبقه‌بندی جامع خاکها (هیأت مطالعات خاکشناسی، ۱۹۹۸)، در سطح زیر گروه غالباً جزو خاکهای جیپسیک اکویی سالید ها[1]، جیپسیک هاپلو سالیدها[2]، پتروجیپسیک هاپلو سالید ها[3]، تیپیک اکویی سالید ها[4] و تیپیک هاپلو سالید ها[5] طبقه بندی شده اند.

نقشه مناطق خاکشناسی شده ایران در شکل شماره ۳ و نقشه پراکنش جغرافیایی دشتهای کشاورزی دارای خاکهای شور در کشور در شکل شماره ۴ ارایه شده است. در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی که از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸ با سطوح مختلف دقت در کشور انجام شده است، ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاکهای مبتلا به درجات مختلف شوری تشخیص داده شده است. از این مقدار، حدود ۴/۳ میلیون هکتار جزو آندسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند (جدول شماره ۵). اگر مسئله شوری تا عمق نفوذ ریشه رفع گردد، این اراضی تبدیل به اراضی بدون

1- Gypsic Aquisalids
2- Gypsic Haplosalids
3- Petrogypsic Haplosalids
4- Typic Aquisalids
5- Typic Haplosalids

Archive of SID

محدودیت برای کشت انواع محصولات کشاورزی خواهند شد. به عبارت بهتر، این دسته از اراضی در عین حال که خود در شرایط فعلی به علت کم بازده بودن نقششان در اقتصاد ملی کم رنگ است ولی آنها را می توان به عنوان یک پتانسیل بالقوه در کشاورزی ایران دید زیرا با سرمایه گذاری معقول قابل برگرداندن به چرخه تولید کشاورزی اند.

حدود ۱/۱ میلیون هکتار (۲۷/۵ درصد) از این اراضی دارای شوری ۴ تا ۱۶ دسی زیمنس بر مترهستند که عمکرد اغلب محصولات کشاورزی را محدود می کند. بیش از ۲/۴ میلیون هکتار (۵۷ در صد) دارای شوری ۱۶ تا ۳۲ دسی زیمنس بر مترندکه در این شرایط برای کشت اکثر محصولات کشاورزی دارای محدودیت زیادند و فقط تعداد معدودی از گیاهان خیلی مقاوم به شوری قادر به تولید رضایتبخش بر روی آنها هستند. بیش از ۶۶۰ هزار هکتار (۱۵/۵ درصد) در زمان مطالعه دارای شوری بیش از ۳۲ دسی زیمنس بر متر بوده اند که چون اصلاح آنها توجیه اقتصادی نداشته است، جزو اراضی غیر قابل کشت محسوب شده اند.

همچنانکه قبلاً توضیح داده شد، یک واحد خاک ممکن است دارای یک یا چند محدودیت برای کشاورزی باشد. از مجموع ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی دارای محدودیت شوری در کشور، حدود ۲/۵ میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک (بافت، عمق، ضریب آبگذری، نفوذپذیری)، پستی و بلندی / فرسایش وآب زیرزمینی نیز هستند (جدول شماره ۶). حدود ۸۴ درصد از این مساحت تحت پوشش خاکهای دارای شوری نسبتاً زیاد تا زیاد، ۱۵درصد تحت پوشش خاکهای دارای شوری خیلی زیاد و ۱ درصد سهم خاکهای دارای شوری بسیار زیاد است. تاکنون مطالعه جامعی در مورد گسترش جغرافیایی شوری ثانویه و نیز سهم شوری ژئولوژیک و طبیعی در کشور انجام نشده است. همچنین، داده های موجود در مورد کمیت کاهش عملکرد محصولات کشاورزی بومی کشور در اثر شوری و نیز مساحت اراضی کشاورزی رها شده در اثر شوری و کویر زائی کمیاب است (قاسمی و همکاران، ۱۹۹۵).

آب زیر زمینی

عمق کم آب زیر زمینی و ماندابی شدن اراضی[1] از عومل مهم تأثیر گذار بر پایداری تولید کشاورزی در پهنه های مبتلا به شوری است. در خاکهای ماندابی و خاکهای دارای زهکشی نامناسب، شرایط غیر هوازی ایجاد می شود که باعث واکنشهای شیمیایی و بیولوژیکی می شود. در شرایط احیاء، دینیتریفیکاسیون رخ می دهد و عناصری چون آهن، منگنز و سولفور (SO_4^{2-}) به حالت احیاء در می آیند. علاوه بر آن، وقتی بعضی ترکیبات مانند اتیلن به قدر کافی تولید شود، به گیاه صدمه می زند (کلیمپوت و سبای، ۱۹۸۵). در مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی ایران دو حالت برای درجه بندی محدودیت عمق آب زیر زمینی در نظر گرفته شده است (ماهلر، ۱۹۷۰). حالت اول برای آب زیر زمینی شور (قابلیت هدایت الکتریکی بیشتر از ۱۵۰۰ $\mu S\ cm^{-1}$) و حالت دوم برای آب زیر زمینی غیر شور (قابلیت هدایت الکتریکی کمتر از ۱۵۰۰ $\mu S\ cm^{-1}$). در هر دو حالت، تعیین کلاس اراضی از نظر محدودیت عمق آب زیر زمینی به صورت زیر انجام می شود (جدول ۷).

تبخیر و تعرق باعث خروج آب از سطح خاک و در نتیجه باعث افزایش غلظت نمکهای محلول در محلول خاک خواهد شد. خشک شدن خاک سطحی توسط تبخیر و تعرق یک شیب مکشی[2] ایجاد می‌کند که باعث حرکت صعودی آب و نمک خواهد شد. به ویژه، اگر سطح آب زیر زمینی نزدیک سطح خاک باشد، این حرکت صعودی فرایندی است که در خیلی مناطق باعث شور شدن خاکها می‌شود (ریچاردز، ۱۹۵۴). رابطه شماتیک بین عمق آب زیر زمینی و میزان تبخیر از سطح خاک در شکل شماره ۵ ارایه شده است. این رابطه ای است مهم و نشان می دهد که یک عمق آب زیر زمینی بحرانی وجود دارد که در بالای آن یک افزایش تند در میزان تبخیر از سطح خاک رخ می دهد (فائو، ۱۹۸۸). به طور کلی، عمق بحرانی آب زیر زمینی بحرانی بین ۱/۵ تا ۳ متر بسته به خصوصیات خاک، عمق ریشه، مقدار نمک موجود در آب زیر زمینی و غیره، متغیر است. برای اطمینان از شور نشدن ناحیه رشد ریشه، باید از تبخیر آب زیر زمینی جلوگیری و عمق آب زیر زمینی در زیر حد بحرانی که باعث شور شدن سریع خاک می گردد، نگه داری شود. اگر مسئله شوری خاک توأم با آب زیر زمینی بالا باشد، اصلاح اراضی از جنبه های فنی و اقتصادی مستلزم انجام فعالیت های بیشتر و در نتیجه صرف هزینه بیشتر است (جواهری، ۱۳۵۳). خوشوقتانه، شرایط خاکهای شور در اراضی کشاورزی ایران به گونه‌ای است که از کل ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی مبتلا به شوری، فقط حدود ۵/.

1- Water-logging

2- Suction gradient

Archive of SID

میلیون هکتار (۸/۴ درصد) دارای مسئله آب زیرزمینی در محدودهٔ رشد ریشه هستند (جدول ۸).

حدود ۱/۴ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی فاقد محدودیت شوری نیز در زمان انجام مطالعات دارای محدودیت عمق آب زیر زمینی با درجات مختلف بوده اند (جدول شماره ۹). نظر به اینکه خاک این دسته از اراضی فاقد محدودیت شوری اند، آب زیر زمینی آنها نیز غالبا غیر شور است.

تغییرات زمان - مکانی شوری خاک

شوری پدیده ای است پویا که ابعاد آن در زمان و مکان متغیر است. از آغاز مطالعات خاکشناسی تاکنون تغییرات زیادی در سطوح شوری اراضی کشاورزی کشور بوجود آمده است. سئوالی که در این رابطه ممکن است پیش آید این است که با گذشت بیش از نیم قرن از شروع مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی آیا می توان اطلاعات مستخرج از آنها را نمادی از شوری فعلی راضی دانست؟ برای پاسخ به این سئوال لازم است که شرایط خاکهای شور را در خلال این مدت مورد بررسی قرار داد و با سنگین و سبک کردن عوامل دخیل در شوری زایی و شوری زدایی، روند تغییرات در شوری خاکهای کشاورزی را تخیمن زد. از یک طرف، طی نیم قرن گذشته بخش های وسیعی از اراضی شور کشور اصلاح شده اند. از سوی دیگر، در همین مدت به علت تداوم خشکسالی ها، بهره برداری بی برنامه و بی رویه از منابع آب زیر زمینی و در نتیجه افت شدید کمیت و کیفیت آنها و انجام دو و بعضاً سه کشت در سال در پاره ای از مناطق کشاورزی کشور زمینه را برای افزایش شوری خاک فراهم آورد است.

بررسی های منطقه ای که در زمینه تغییرات شوری خاک در کشور انجام شده است، حاکی از وجود تغییرات مثبت و منفی در شوری خاک اراضی کشاورزی است. مؤمنی و استین (۲۰۰۲) تغییرات زمانی و مکانی شوری خاک در منطقه نمونه ای در دشت مرودشت که داده های قابلیت هدایت الکتریکی خاک آن برای دو مقطع زمانی ۱۳۵۱ و ۱۳۷۵ موجود بود را با تلفیق تکنیکهای زمین آمار و سامانه های اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج در جدول شماره ۱۰ خلاصه شده است. در سال ۱۳۵۱ تمام خاکها دارای شوری بالاتر از mS/cm^{-1} ۴ بودند و حدود ۵۶۰ هکتار از اراضی (۹۵ درصد از سطح مطالعه شده) دارای شوری mS/cm^{-1} ۳۲-۸ بودند. در مقایسه، در سال ۱۳۷۵ مناطقی که شوری خاک آنها کمتر از mS/cm^{-1} ۴ بود، به حدود ۶۲۰ هکتار (۸۹ درصد) افزایش و مساحت آن دسته از اراضی که دارای شوری بیش از mS/cm^{-1} ۴ بودند به ۶۵ هکتار (۱۱ درصد) یافت.

به عبارت دیگر، آن دسته از اراضی که در ۲۴ سال پیش فاقد شوری و یا دارای شوری کم بوده اند به علت تجمع نمکهای محلول در نیمرخ خاک تحت سوء مدیریت و آبیاری غیر فنی به تدریج شور شده اند در حالی که اراضی که دارای شوری زیاد تا بسیار زیاد بوده اند مساحت کمتری را به خود اختصاص داده اند.

اخیرا، مؤمنی و همکاران (۱۳۸۹) نقشه های شوری اراضی کشاورزی استانهای فارس، خوزستان و گلستان را با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه نمودند. در این مطالعات، حدود ۱۸۰ هزار هکتار از اراضی دشتهای کشاورزی در استان فارس، ۲۴۰ هزار هکتار در استان گلستان و ۲۷۰ هزار هکتار در استان خوزستان مورد مطالعه قرار گرفت. در استان خوزستان، مقایسه نقشه های شوری با نقشه جامع شوری دشتهای استان خوزستان که در سال ۱۳۳۵ تهیه شده است (دیوان، ۱۹۶۵) حاکی از این است که با گذشت بیش از نیم قرن اگرچه در سطوح شوری اراضی تغییراتی رخ داده است ولی پراکنش جغرافیایی و وسعت پهنه هایی که قبلاً مبتلا به شوری بودند تغییرات زیادی نکرده است. مقایسه نتایج حاصل از مطالعات پراکنده حاکی از وضعیتی مشابه در استانهای فارس و گلستان است.

نتایج بررسی تغییرات در پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاکها موید این موضوع است که در شرایط فعلی مدیریت منابع خاک و آب در کشور، یک توازن بین شوری زائی و شوری زدائی در اراضی کشاورزی وجود دارد. با توجه به عوامل از پیش گفته یعنی تداوم خشکسالی،کم آبی و سوء مدیریت منابع پایه، بنظر می رسد اگر تمهیدات لازم برای جلو گیری از شور شدن اراضی کشاورزی به عمل نیاید، این توازن به نفع شوری زائی در حال بهم خوردن است.

نتیجه گیری

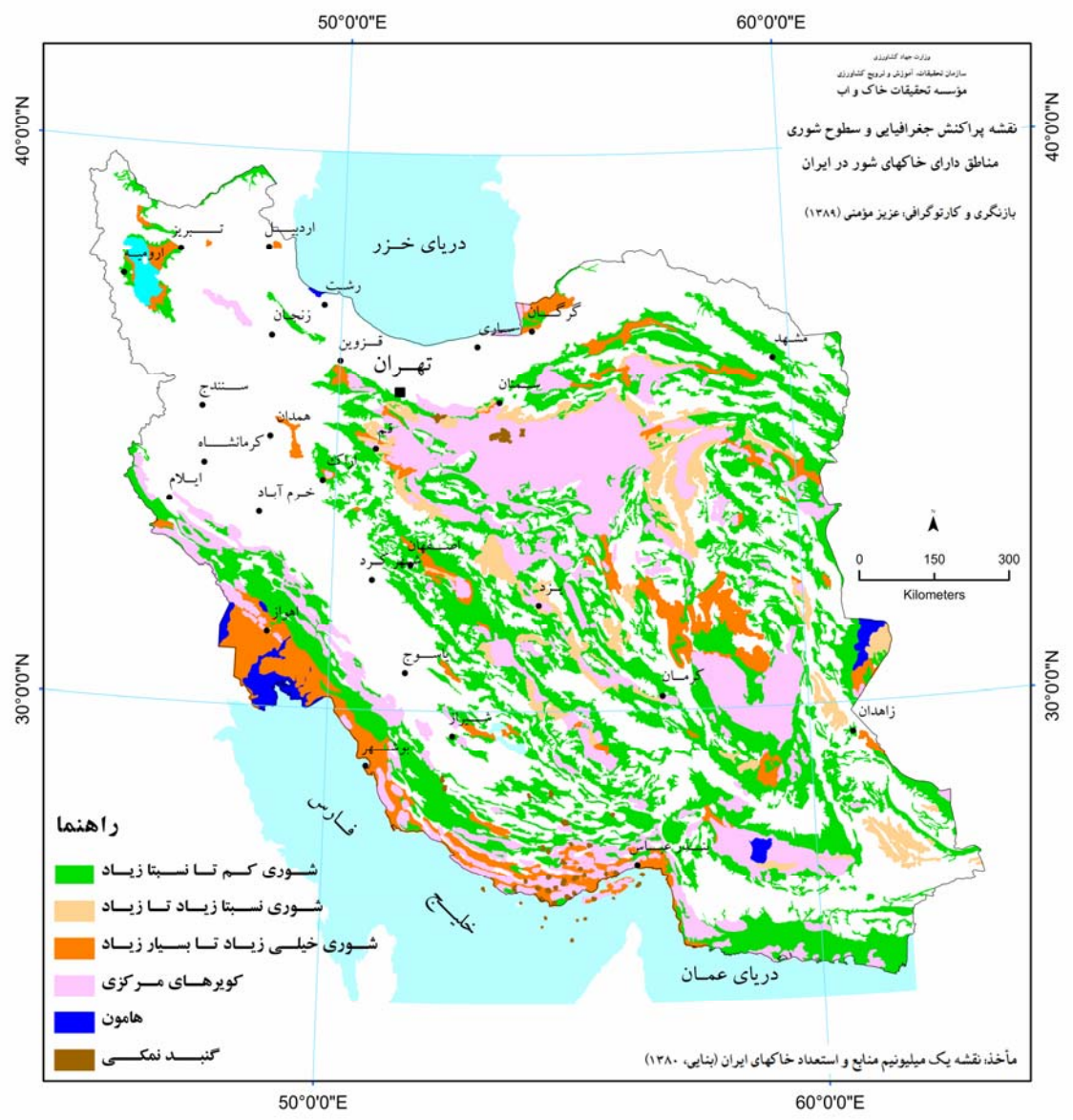
در این تحقیق، پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاکهای کشور در مقیاس سرزمین و در مقیاس اراضی کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع، ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاکهای مبتلا به درجات مختلف شوری هستند. از این مقدار، حدود ۴/۳ میلیون هکتار جزو آن دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند. از مجموع ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی دارای محدودیت شوری در کشور، حدود ۲/۵ میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک (بافت، عمق، ضریب آبگذری، نفوذپذیری)، پستی و بلندی / فرسایش وآب زیرزمینی نیز هستند. شرایط

Archive of SID

خاکهای شور در اراضی کشاورزی ایران به گونه‌ای است که از کل ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی مبتلا به شوری، فقط حدود ۵۰۰ هزار هکتار (۸/۴ درصد) دارای مسئله آب زیرزمینی در محدودهٔ رشد ریشه هستند. زه دار نبودن اکثریت خاکهای شور کشور، مزیتی است که اصلاح آنها را ازجنبه های فنی و اقتصادی پر هزینه نمی سازد. نتایج بررسی های تغییرات شوری خاک اراضی کشاورزی موید بهم خوردن توازن بین شوری زائی و شوری زدائی به نفع شوری زائی در این اراضی است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکار محترم آقای جعفر مؤذن به خاطر سامان دهی اطلاعات مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی کشور و همکاری در استخراج داده‌هایی که در طول نیم قرن گذشته به صورت کتاب، گزارش و جدول در آرشیو موسسه تحقیقات خاک و آب جمع شده است، تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین، کمک آقای مهندس محمد جمشیدی عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب در ویرایش ادبی متن مقاله مورد تشکر و قدردانی است.



شکل ۱- نقشه پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری اراضی دارای خاکهای شور در ایران

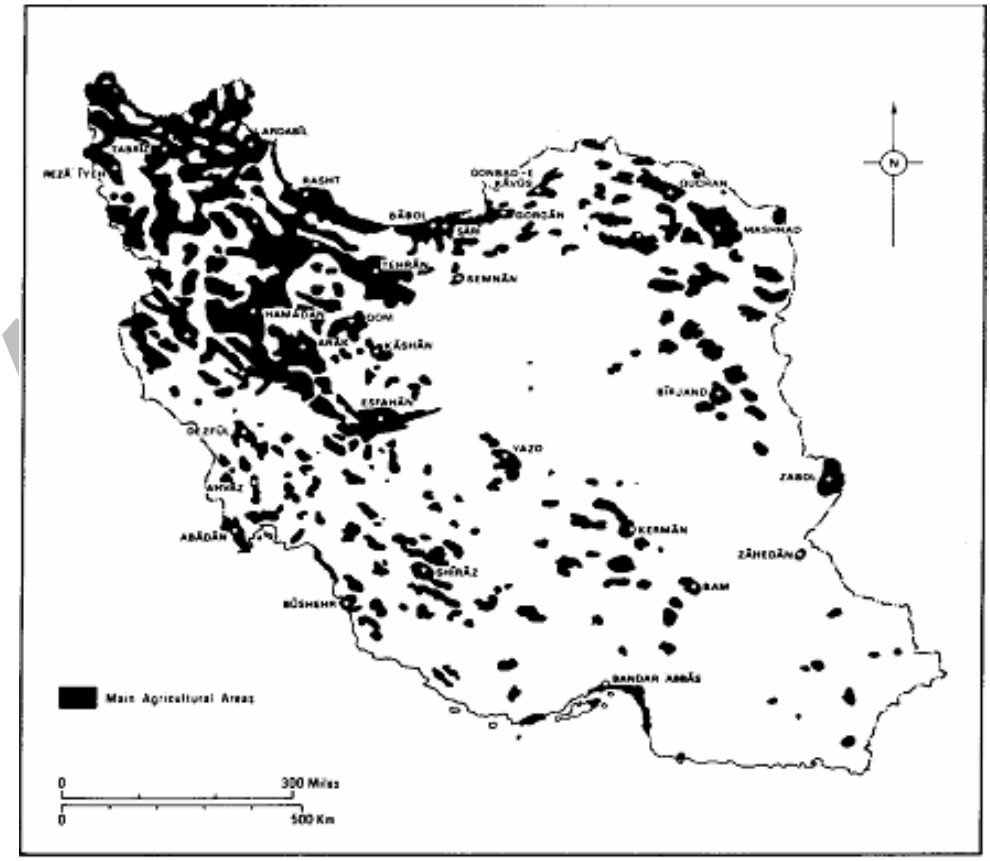
جدول ۱- درجه بندی شوری خاک و کلاس اراضی

ECe ($dS\ m^{-1}$) *	محدودیت شوری	کلاس اراضی
<۴	بدون محدودیت یا دارای محدودیت کم	I
۴-۸	محدودیت نسبتاً زیاد	II
۸-۱۶	محدودیت زیاد	III
۱۶-۳۲	محدودیت خیلی زیاد	V وقتی نفوذپذیری خاک زیر سطحی متوسط تا خیلی سریع (۲۵-۲ سانتیمتر در ساعت) باشد.
>۳۲	محدودیت بسیار زیاد	VI وقتی نفوذپذیری خاک زیر سطحی آهسته (۲-۱/. سانتیمتر در ساعت) یا خیلی آهسته (کمتر از ۱/. سانتیمتر در ساعت) باشد.

* هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک

جدول ۲- مساحت و سطوح شوری اراضی کشور

نوع اراضی	(میلیون هکتار)	(٪)
اراضی دارای خاکهای با شوری کم تا نسبتاً زیاد	۴۳	۲۶
اراضی دارای خاکهای با شوری نسبتا زیاد تا زیاد	۴/۸	۳
اراضی دارای خاکهای با شوری خیلی زیاد تا بسیار زیاد	۷/۸	۵
کویرهای مرکزی (پوسته ها وکفه‌های نمکی، شوره زارهای خشک و مرطوب، بقایای دریاچه هـای خشک قدیمی، تپه های شنی، اراضی فرسوده، پلایاها و گنبدهای نمکی)	۲۰	۱۲
هامون ها	۱/۲	۱
سایر اراضی	۸۸	۵۳
جمع	۱۶۴/۸	۱۰۰



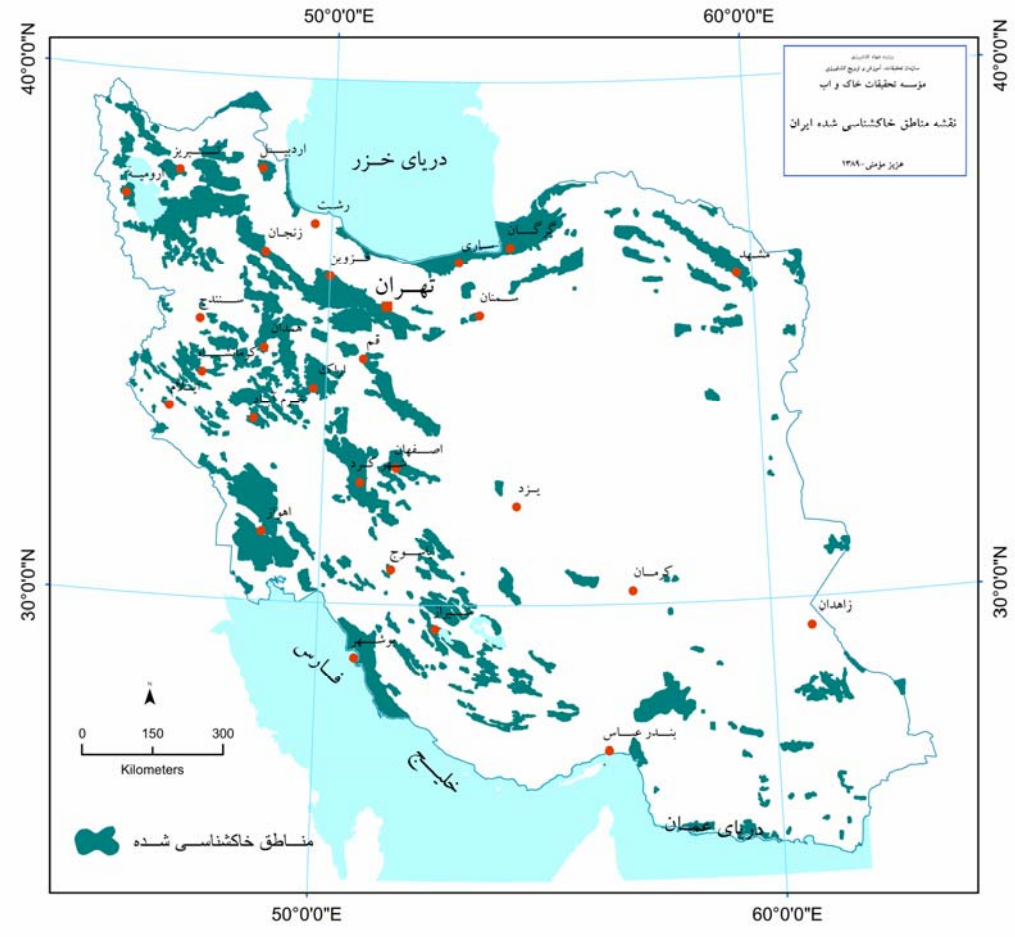
شکل ۲- مناطق کشاورزی ایران (بیومونت، ۱۹۷۶)

جدول ۳- مساحت اراضی مطالعه شده در مطالعات خاکشناسی به تفکیک سطوح مختلف دقت از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸

سطح دقت مطالعات	(هکتار)	(٪)
اجمالی	۱۲,۴۷۵,۲۸۰	۵۶
نیمه تفصیلی	۹,۲۴۰,۴۳۰	۴۱
تفصیلی	۶۲۱,۹۰۰	۳
جمع	۲۲,۳۳۷,۶۱۰	۱۰۰

جدول ۴- مساحت اراضی مطالعه شده در مطالعات خاکشناسی به تفکیک مقیاس از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸

مقیاس	(هکتار)	(٪)
۱:۱۰۰۰۰۰	۱,۲۹۸,۰۰۰	۷/۵
۱:۵۰۰۰۰	۱۴,۲۴۵,۴۰۰	۸۰/۵
۱:۲۰۰۰۰	۱,۲۰۸,۶۶۰	۷/۰
سایر	۹۲۹,۲۲۰	۵/۰
جمع	۲۲,۲۳۳,۶۱۰	۱۰۰/۰

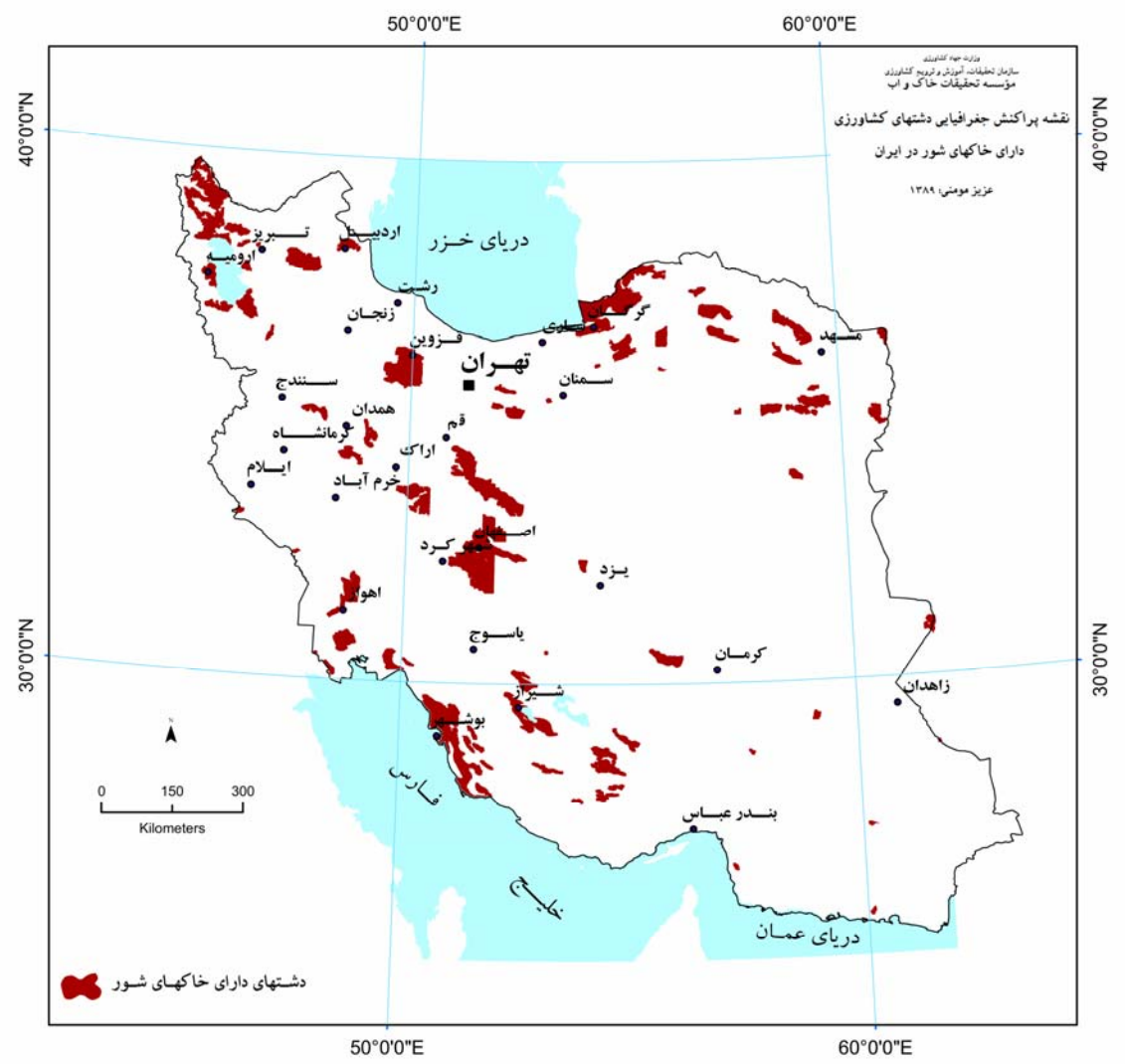


شکل ۳- نقشه مناطق خاکشناسی شده ایران

جدول ۵- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای فقط محدودیت شوری و قلیائیت خاک

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II A	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- ایلام - کرمان – کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد	۳۲۰۳۵۵	۷/۵
III A	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر - اصفهان- فارس- همدان- هرمزگان – ایلام- کرمان- خراسان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان– تهران- یزد – زنجان	۸۵۹۹۴۰	۲۰/۰
VA	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر –اصفهان- فارس- همدان- ایلام- کرمان- کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- مازندران- قزوین- قم – سمنان- سیستان و بلوچستان-تهران- یزد- زنجان	۲۴۳۵۴۶۰	۵۷/۰
VIA	A	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر –اصفهان- فارس- همدان کرمان- خراسان- خوزستان- مرکزی- قم – سمنان- سیستان و بلوچستان-تهران- یزد	۶۶۲۳۷۵	۱۵/۵
جمع			۴۲۷۸۱۳۰	۱۰۰/۰

SID



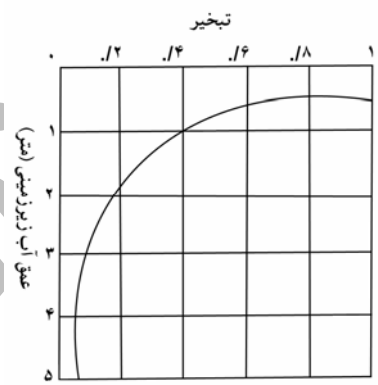
شکل ۴- نقشه پراکنش جغرافیایی دشتهای کشاورزی دارای خاکهای شور در ایران

جدول ۶- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای محدودیت شوری و قلیاییت خاک توأم با محدودیت‌های مربوط به جنس خاک، پستی و بلندی / فرسایش و آب زیر زمینی

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- ایلام - کرمان – کرمانشاه- خراسان- خوزستان- مرکزی- قزوین- قم- سمنان- سیستان و بلوچستان- یزد- زنجان	۸۴۷۲۹۵	۳۳/۸
III	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر - اصفهان- فارس- همدان- هرمزگان – ایلام- کرمان- خراسان- خوزستان- سیستان و بلوچستان – یزد – زنجان	۱۲۶۲۰۰۰	۵۰/۵
V	ASTW	آذربایجان شرقی-آذربایجان غربی- بوشهر –فارس- ایلام- کرمان- خراسان- خوزستان- کردستان- مرکزی- سیستان و بلوچستان- تهران- یزد	۳۹۱۵۶۵	۱۵/۶
VI	ASTW	مرکزی- همدان- خوزستان- بوشهر	۲۶۳۰	۰/۱
جمع			۲۵۰۳۴۹۰	۱۰۰/۰

جدول ۷- درجه بندی محدودیت عمق آب زیر زمینی و کلاس اراضی

درجه بندی محدودیت عمق آب زیر زمینی شور	درجه بندی محدودیت عمق آب زیر زمینی غیرشور	کلاس اراضی
عمق آب زیر زمینی کمتر از ۱۲۰ سانتیمتر	عمق آب زیر زمینی کمتر از ۷۵ سانتیمتر	II W
عمق آب زیر زمینی بین۱۲۰ سانتیمتر تا ۲ متر	عمق آب زیر زمینی بین ۷۵ تا ۱۲۰ سانتیمتر	III W
عمق آب زیر زمینی بین۲ تا ۳ متر	عمق آب زیر زمینی بین ۱۲۰ سانتیمتر تا ۳ متر	V W



شکل ۵ - رابطه شماتیک بین عمق آب زیر زمینی و نرخ نسبی تبخیر از سطح خاک

جدول ۸ - مساحت و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای محدودیت های شوری خاک و آب زیر زمینی

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II	ASTW	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- بوشهر- اصفهان- فارس- همدان- کرمان-سیستان و بلوچستان- یزد-کرمانشاه-خراسان-خوزستان-تهران	۱۲۸۷۰۰	۲۲/۶
III	ASW	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- بوشهر- صفهان- فارس- همدان- خراسان– خوزستان- لرستان- مازندران- سمنان- سیستان و بلوچستان- تهران	۱۸۶۰۰۰	۳۲/۶
V	AW	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی-بوشهر- صفهان- فارس-کرمان- خراسان- خوزستان- مازندران- سیستان و بلوچستان- تهران	۲۵۵۳۰۰	۴۴/۸
جمع			۵۷۰۰۰۰	۱۰۰/۰

Archive of SID

جدول ۹ - مساحت و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای محدودیت آب زیر زمینی و محدودیت های دیگر به غیر از شوری

کلاس اراضی	نوع محدودیت	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II	STW	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- مازندران -چهار محال و بختیاری- فارس- اصفهان- گیلان- همدان-کرمان- خوزستان-کرمانشاه- خراسان- کردستان-لرستان-مرکزی-تهران- سیستان و بلوچستان	۳۲۸۴۴۰	۳۱/۳
III	STW	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- بوشهر- مازندران- سمنان- سیستان و بلوچستان- چهار محال و بختیاری- فارس- اصفهان- گیلان- همدان- کرمان- کرمانشاه- خراسان- خوزستان-کردستان-لرستان-مرکزی-تهران- یزد	۵۲۰۷۳۰	۴۹/۷
V	W	آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- چهار محال و بختیاری - اصفهان - فارس- همدان-ایلام-کرمان- کرمانشاه -خوزستان- مرکزی- تهران- مازندران- سیستان و بلوچستان	۱۹۹۲۱۰	۱۹/.
جمع			۱۰۴۸۳۸۰	۱۰۰/۰

جدول ۱۰ - تغییرات شوری در دشت مرودشت از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۷۵

دامنه شوری ($mS\ cm^{-1}$)	۱۳۵۱		۱۳۷۵		تغییرات	
	مساحت (%)	مساحت (ha)	مساحت (%)	مساحت (ha)	مساحت (%)	مساحت (ha)
۰-۲	۰/۰	۰	۴۹/۵	۲۹۳	+۴۹/۵	+۲۹۳
۲-۴	۰/۰	۰	۳۹/۴	۲۳۳	+۳۹/۵	+۲۳۳
۴-۸	۴/۲	۲۵	۱۰/۸	۶۴	+۶/۶	+۳۹
۸-۱۶	۵۴/۶	۳۲۳	۰/۳	۲	-۵۴/۲	-۳۲۱
۱۶-۳۲	۴۰/۲	۲۳۸	۰/۰	۰	-۴۰/۲	-۲۳۸
>۳۲	۱/۰	۶	۰/۰	۰	-۱/۰	-۶
جمع	۱۰۰	۵۹۲	۱۰۰	۵۹۲	۰/۰	۰

+ = افزایش و- =کاهش

فهرست منابع:

۱. بنائی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران، ۱ برگ.

۲. بنائی، م. ح.۱۳۸۰. نقشه منابع و استعداد خاکهای ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران، ۶ برگ.

۳. جواهری، پ.۱۳۵۳. فعالیت ها و بررسیهای مرکز تحقیقات اصلاح خاک آهوچر. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۳۹۸، ۷۴ صفحه.

۴. سازمان جنگلها و مراتع کشور.۱۳۶۴. نقشه استعداد خاک، جنگل و مرتع و پوشش گیاهی ایران (مقیاس یک میلیونیم: سه برگ).

۵. مؤمنی ع.، ق. روشنی، م. جمشیدی، ج. بنی نعمه و غ. زارعیان. ۱۳۸۹. تعیین پراکنش جغرافیایی عناصر غذایی در اراضی زیرکشت گندم آبی در استانهای فارس، خوزستان و گلستان. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۵۱۲، ۵۹ صفحه.

۶. وزارت جهاد کشاورزی.۸۲- ۱۳۷۵. آمارنامه های کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، تهران، ایران.

7. Beaumont, P., G. H. Blake and J. M. Wagstaff. 1976. The Middle East: A geographical study. John Wiley & Sons, Ltd., London, 572 p.
8. Cleemput, O. Van and A. S. El- Sebaay. 1985. Gaseous hydrocarbons in soil. In: Advances in agronomy (vol. 38). Academic Press Inc, New York, USA, 375 pp.

Archive of SID

9. Dewan, M. L. 1956. Generalized soil salinity map of the Khuzestan plains (one sheet; 1:1,000,000 scale). FAO, Rome, Italy.
10. FAO. 1972. Soil Institute and associated pilot development project: water management and soil reclamation. Technical report 3, FAO, Rome, 70 p.
11. FAO, 1988. Salt-affected soils and their management. FAO soils bulletin 39, Rome, Italy, 131 p.
12. Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix. 1995. Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. The Australian National University, Australia, 526 pp.
13. Javaheri, P. 1974. Research activities at Ahoo-Char reclamation station. Soil Institute of Iran, Ministry of Agriculture and Natural Resources, pub. No. 398, 74 p (In Persian).
14. Kehl, M. 2006. Saline soils of Iran with examples from the alluvial plain of Korbal, Zagros Mountains. Proceedings of the international conference on soil and desertification–integrated research for the sustainable management of soils in drylands, 5-6 May 2006, Hamburg, Germany, www.desertnet.de/proceedings/start.htm.
15. Mahler, P. J. 1970. Manual of land classification for irrigation: second approximation 1970. Soil Institute of Iran. Publ. No. 205, Tehran, Iran, 103 p.
16. Moameni, A., H. Siadat, and M. J. Malakouti. 1999. The extent, distribution, and management of salt-affected soils of Iran. Proc. of FAO Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of the Salt-affected Soils, September 1999, Menomen, Izmir, Turkey.
17. Moameni, A. and A. Stein. 2002. Modeling spatio-temporal changes in soil salinity and water-logging in the Marvdasht plain, Iran. Proc. of 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand.
18. National Iranian Oil Company (NIOC). 1977. Geological maps of Iran:1:1,000,000 series (6 sheets). NIOC, Tehran, Iran.
19. Qureshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, 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.
20. Richards, L.A. (ed.) 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. USDA. Agriculture Handbook 60, 160 p.
21. Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. U. S. Department of Agriculture, handbook no. 18, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C., 437 pp.
22. Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, 326 p.
23. Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys (2nd edition), U. S. Department of Agriculture Handbook 436, 870 p.

Archive of SID