فروسایی خاک: چالش جهانی

جلد اول

تراکم، سخت شوندگی، شرایط ماندابی

فواد تاجیک

کارشناس ارشد خاکشناسی، عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

کرج، بلوار شهید فهمیده، روبروی بانک کشاورزی، صندوق پستی ۸۴۵-۳۱۵۸۵

تلفن: ۲۷۰۵۲۴۲ و ۲۷۰۵۳۲۰ و ۲۷۰۸۳۵۹ فاکس: ۲۷۰۶۲۷۷

نشر با ذکر منبع، آزاد است.

به نام خداوند جان آفرین

آنچه در دست دارید، قرار بود کتابی شود در باره فروسایی یا تخریب خاک و در زمره انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی منتشر گردد. بد عهدی ها مانع این کار و دانشگاه صنعتی اصفهان مقصد بعدی این نوشتار شد که آن هم بی سرانجام ماند. پس از گذشت سالها، راهی بهتر از نشر آن در دنیای وب نیافتم که بی شباهت به تیر در تاریکی نیست. امیدوارم حاصل چند سال کوشش من مخاطب خود را بیابد و هدف اولیه که نشر دانش بود، حاصل آید.

ذکر نام نویسنده ای تنها در عنوان، به آن معنا نیست که از یاری دیگران محروم بوده ام. ویرایش متن، ابتدا با دقت تحسین برانگیز استاد گرامی آقای دکتر حمید سیادت صورت گرفت و سپس آقای دکتر محمد علی حاج عباسی بر غنای آن افزودند و از کژی هایش کاستند. اگر نام این بزرگواران بر تارک این متن نیامد از آن جهت است که هرگونه مسئولیت و عواقب نشر الکترونیکی بر عهده نویسنده بماند و از شائبه سوء استفاده از نام آنان بر حذر باشم. در نهایت، آنچه می بینید همچنان نیازمند به روز رسانی، تکمیل و تنقیح است که به یاری حق توسط نویسنده یا خوانندگان علاقمند و صاحبنظر انجام خواهد شد.

پراکنده ساختن این کتاب به هر شکل ممکن آزاد است، به امید آنکه باقیات صالحاتی برای نویسنده به شمار آید.

فؤاد تاجیک

فصل چهارم – شرایط ماندابی و بی هوازیستی در خاک

٤-١- مقدمه

شرایط ماندابی، یادآور رژیم رطوبتی به عنوان یک پارامتر طبقه‌بندی خاک و همچنین تداعی کننده سیستم-های زهکشی مصنوعی است که بسامد و تداوم شرایط ماندابی (ناشی از سطح ایستابی بالا یا شرایط اشباع خاک) را اصلاح می کنند. هنگام وقوع شرایط ماندابی، هوای خاک تخلیه شده و از تبادل مفید گازها بین خاک و اتمسفر جلوگیری می‌شود. در چنین حالتی، محیط اطراف ریشه از اکسیژن تهی شده و فعالیت‌های حیاتی در خاک به مواردی محدود می‌شود که موجودات زنده می‌توانند بدون اکسیژن آزاد، انرژی لازم را کسب کنند. این فرایند به عنوان شرایط بی‌هوازی شناخته می‌شود.

اگر چه درک نقش رژیم رطوبتی در فرایند تشکیل خاک و ویژگی‌های ذاتی فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک‌ها در شرایط رطوبتی مختلف حایز اهمیت است اما این مفاهیم، ارتباط اندکی با فروسایی خاک در شرایط ماندابی و بی هوازی دارند. فروسایی خاک به علت شرایط ماندابی و بی هوازی مستلزم تغییر رژیم رطوبتی خاک از وضعیت طبیعی به وضعیت مرطوب‌تر – بدون توجه به مقدار رطوبت در شرایط طبیعی – می‌باشد. جدول ۲۱ وسعت و شدت شرایط ماندابی در جهان نشان می دهد.

جدول ۲۱- وسعت و شدت شرایط ماندابی(میلیون هکتار) در خاک‌های جهان [Oldeman et al., 1991].

	خفیف	متوسط	شدید	خیلی شدید	کل	درصد از کل اراضی
آسیا	۰/٤	–	–	–	۰/٤	۰/۰۱
آفریقا	۰/٤	۰/۱	–	–	۰/۵	۰/۰۲
آمریکای جنوبی	۳/۹	–	–	–	۳/۹	۰/۲۲
آمریکای مرکزی	۰/۸	۳/۳	۰/۸	–	٤/۹	۰/۰۲
آمریکای شمالی	–	–	–	–	–	–
اروپا	۰/۵	۰/۳	–	–	۰/۸	۰/۰۸
استرالیا	–	–	–	–	–	–
کل جهان	٦/۰	۳/۷	۰/۸	–	۱۰/۵	۰/۰۸

با انجام تحقیقات، پیشرفت های قابل توجهی در فهم قابلیت‌ها و محدودیت‌های خاک برای استفاده‌های گوناگون ایجاد شده است. این تحقیقات، با مطالعه خاک‌هایی که در شرایط متفاوت رطوبتی تشکیل شده اند و یا با

مطالعه تغییرات ویژگی‌های خاک در فرایند زهکشی – که منجر به تغییر رژیم رطوبتی به شرایط خشک‌تر یا کاهش بسامد شرایط ماندابی می گردد – صورت گرفته است. اما، اطلاعات بسیار اندکی درباره تغییرات حاصله – که گمان می رود به فروسایی خاک‌های بالقوه حاصلخیز منجر شود – در خاک‌هایی که رژیم رطوبتی شان مرطوب‌تر می شود، وجود دارد (فوزی و لعل، ۱۹۹۰).

در این فصل کوشش می شود تا فروسایی خاک با استفاده از مشاهدات مستقیم تغییرات خاک در حین مرطوب تر شدن و کاربرد فرضیات غیر مستقیم در مورد تغییرات ناشی از زهکشی و خشک کردن خاک‌ها تشریح گردد. واضح است که ویژگی‌ها و فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی در خاک، در اثر آغاز و ادامه شرایط ماندابی، دچار فروسایی و انحطاط خواهد شد.

٤-٢- علت های ایجاد شرایط ماندابی

٤-٢-١- شرایط ماندابی کوتاه مدت در اثر بارندگی زیاد یا سیل

در مناطق بارانی، حوادث غیر مترقبه اقلیمی با ۲۰، ۵۰ یا ۱۰۰ سال دوره بازگشت می توانند سبب تغییرات شدید در سطح خاک شوند. بارندگی های شدید، طوفان و گردباد انرژی کافی برای جابجایی و فرسایش خاک سطحی و تغییر کلی آن را دارند. در برخی شرایط، یک منطقه ممکن است کاملاً با رسوبات حاصل از فرسایش منطقه دیگر پوشیده شود. اگر چه شرایط ماندابی در این مناطق نمی‌تواند انرژی لازم برای تغییر چهره زمین[1] را فراهم کند، اما باعث کاهش مقاومت خاک و اخلال در فرایند خاکدانه سازی در محل شده و می تواند منجر به فروسایی خاک پیش از وقوع حوادث غیرمترقبه گردد.

٤-٢-٢- بالا آمدن سطح ایستابی در اثر آبیاری یا نشت از کانال

بالا آمدن سطح ایستابی در اثر آبیاری و نشت از کانال احتمالاً محسوس ترین مثال فروسایی خاک ناشی از شرایط ماندابی است. میلیون ها هکتار از اراضی زراعی در اثر چنین شرایطی از حیز انتفاع خارج شده اند. کاربرد بیش از حد یا نشت آب در خاک‌های نفوذپذیر منجر به حرکت رو به پایین آب و تجمع آن در سطح طبیعی ایستابی می گردد. در نتیجه، سطح ایستابی شروع به بالا آمدن می کند تا حدی که موازنه آبی جدیدی حاصل شود. این سطح جدید با حالت ماندگار[2] معمولاً بسیار نزدیک به سطح خاک است و

1- Landscape
2- Steady-state

منجر به رشد گیاهان سازگار با سطح ایستابی بالا، کاهش قابلیت تردد و تجمع املاح در قسمت های بالایی نیمرخ خاک می گردد. تجمع املاح از تبخیر آب و افزایش غلظت املاح موجود در آب آبیاری ناشی می گردد.

به نظر می رسد که نشت از کانال بیش از کاربرد آب آبیاری اضافی، در بالا آمدن سطح ایستابی موثر است اما مقدار هر دو قابل توجه می باشد. این مسئله در پروژه مربوط به شرایط ماندابی و شوری در پاکستان و هند در سال ۱۹٦٤ بررسی شده است. فروسایی خاک‌ها در این منطقه عمدتاً ناشی از شوری و کمتر متأثر از شرایط ماندابی و بی هوازی بوده است. بالا آمدن سطح ایستابی به بسامد و دوره برگشت بیشتر بارندگی نیز نسبت داده شده است (White House, 1964).

٤-۲-۳- سطح ایستابی کم عمق آویزان[1] ناشی از تراکم

خاک ورزی مکرر و تردد ابزار شخم منجر به تراکم خاک می گردد. با افزایش تعداد عملیات و سنگین تر شدن ادوات شخم، عمق و شدت تراکم خاک افزایش می یابد. سرانجام، عمق فشردگی از عمق شخم بیشتر می شود و یک لایه فشرده دائمی در کف لایه شخم گسترش می یابد. این لایه مانع نفوذ عمقی آب در نیمرخ خاک شده و لذا ناحیه اشباعی در ناحیه شخم و بالای لایه فشرده ایجاد می گردد. جزئیات چنین شرایطی توسط فوزی (۱۹۸۷) و فوزی و همکاران (۱۹۸٦) گزارش شده است.

در صورت افزونی باران بر نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک سطحی، با وقوع هر بارندگی، این ناحیه اشباع متناوباً ایجاد می گردد. در شرایطی که کشاورزان ناچار به کشت دیرهنگام و شخم در حالت اشباع این لایه شوند، قابلیت تردد و خاک‌ورزی کاهش یافته و احتمال تراکم و فشردگی بعدی افزایش می‌یابد. رطوبت زیاد در بالای لایه متراکم به خرد شدن و پراکنش خاکدانه‌ها، محدود شدن عمق ریشه و ایجاد شرایط بی‌هوازی (که خود بر قابلیت جذب عناصر غذایی موثر است) منجر می‌گردد.

٤-۲-٤- بالا آمدن سطح ایستابی در اثر نوع مدیریت خاک سطحی

شواهد مختلفی از تاثیر مدیریت خاک سطحی (مانند آیش طولانی و جنگل زدایی) بر هیدرولوژی، منجمله برسطح ایستابی و جهت جریان آب زیرزمینی وجود دارد. این تغییرات هیدرولوژیک پس از طی زمان منجر به ایجاد شرایط ماندابی در افق‌های سطحی خاک می شود. سرانجام، خاک به حدی تخریب می شود که استفاده سودمند از آن، محدود یا ناممکن می گردد.

1- Perched shallow water table

زراعت در مناطق خشک معمولاً شامل تناوبی از کشت و آیش است. از سال یا سال‌های آیش برای افزایش ذخیره آب از طریق افزایش نفوذ و کاهش مقدار تبخیر استفاده می شود. ایـن روش، تعـادل طبیعـی هیـدرولوژی را برهم می زند. با افزایش سال‌های آیش از یک سال به دو سال، سطح آب زیرزمینی افزایش یافته و به حـد گـسترش نشت گرده ای[1] می‌رسد. منطقه نشت معمولاً بسیار شور و غیر قابل تردد است. دورینگ و ساندووال (۱۹۷٦) چنـین شرایطی را به‌خوبی تشریح نموده‌اند.

جنگل زدایی و تبدیل جنگل به اراضی زراعی در تمام نواحـی اقلیمی رایـج است و منجـر بـه تغییـر موازنـه هیدرولوژیک در حالت تعادل طبیعی می گردد. تا کنون عمدتاً به اثر جنگل زدایی بر فرسایش خاک توجه شـده و از اثر آن بر شرایط هیدرولوژیک عمق خاک صرفنظر شده است. در مناطق تپه ماهور، جنگل زدایی منجـر بـه افـزایش نقاط نشت و افزایش جریان آب می شود. درمناطق مسطح، بالا آمدن سطح ایستابی از نتایج اولیه جنگل زدایی است (بتانی و همکاران، ۱۹٦٤). مک‌گینس و هارولد (۱۹۷۱) چنین شرایطی را در اراضی شیبدار به خوبی توصیف نموده اند. فواید بالقوه کاهش سطح ایستابی در اثر جنگل کاری توسـط سـازمان عمـران دره تنـسی (۱۹٦۲) تـشریح شـده است. قابلیت تردد و عمق ریشه، از این تغییرات هیدرولوژیکی تاثیر می پذیرند.

٤-۲-۵- کند شدن زهکش سطحی به علت احداث سازه ها

احداث سازه های بزرگ مانند بزرگراه‌ها، خاکریزهای حفاظت از سیل، باند فرودگاه ها و .. گاهی باعث ممانعـت از زهکشی سطحی می شوند. اگرچه طراحی نادرست این سازه ها ممکن است علت این امر به حساب آید امـا اغلـب اوقات، ملاحظات اقتصادی، نوع طراحی مقرون به صرفه را تعیین می کند. اهداف احداث بزرگراه ها که شامل شیب و سطح یکنواخت و انتخاب کوتاه ترین مسیر می شود، معمولاً الگوی طبیعی حرکت آب در سـطح خـاک را تغییـر می‌دهد. ممکن است کانالها نیاز به بازسازی داشته باشد و احداث نهرهای سرپوشیده و نصب پمپ الزامی باشد زیرا سازه های بزرگ مانع جریان آب در مسیرهای طبیعی خود می شوند. ماندابی شدن خـاک و جـاری شـدن سـیل در سطح خاک، معمولاً در شرایطی واقع می شود که خروجی های آب با سازه های موجود محدود شده انـد. اگـر چـه غرقاب شدن خاک موقتی است اما تداوم و تکرار شرایط ماندابی وابسته به محل بوده و ممکـن اسـت بـه فروسـایی خاک منجر گردد. در چنین وضعیتی، بدیهی است که قابلیت تردد ماشین‌ها و حیوانات کاهش یابد. شرایط بی‌هوازی نیز ممکن است بر قابلیت جذب عناصر غذایی و عمق توسعه ریشه تاثیر بگذارد. کوناکر و دیردن (۱۹۸۸)

1- Hillside seepage

برخی از این اثرات را در جنگل های بارانی استرالیا گزارش کرده اند.

٤-٣- اثرات ماندابی شدن خاک

از نظر زراعی یا زیستی یک اثر بسیار مهم شرایط ماندابی، ایجاد شرایط بی هوازی است که ممکن است از دیدگاه فیزیکی اهمیت کمتری داشته باشد. در اینجا، برای تعیین و تعریف اثرات شرایط ماندابی خاک، بر سه دیدگاه فیزیکی، شیمیایی و زیستی تاکید خواهد شد.

٤-٣-١- اثرات فیزیکی

بزرگترین تغییر فیزیکی مرتبط با شرایط ماندابی که روندی تخریبی شمرده می شود، کاهش مقاومت در خاک است. این تغییر با معیار مقاومت فشاری محصور نشده[1] نشان داده شده و به صورت فرو رفتن چرخ‌ها و سم حیوانات در خاک دیده می شود. فرو رفتن چرخ‌ها موجب کاهش نیروی کششی موتور و اختلال در انجام عملیات زراعی می گردد. مقاومت فشاری محصور نشده در خاک‌های چسبنده وابسته به استحکام[2] آن است که نشانگر مقدار رطوبت می باشد و در حالت خیس به صورت «خیلی نرم» توصیف می شود. این پدیده بسیار ساده است و هر کس با پیاده روی یا اتومبیلرانی روی خاک خیس می تواند طبیعت چنین فروسایی را درک نماید.

اثر بلند مدت این نوع از فروسایی به انجام کار روی خاک در شرایط بسیار خیس بستگی دارد و در صورتی که بر خاک انرژی اعمال نشود، فروسایی فیزیکی نیز واقع نمی گردد؛ اما برخورد قطرات باران، حرکت چرخ ها و حیوانات و سایر ابزار اعمال انرژی بر خاک، منجر به خرد شدن ذرات یا ایجاد حالت شفته یا گلخرابی[3] می شود که شاهدی بر شرایط واقعی فروسایی فیزیکی خاک است. شارما و دداتا (١٩٨٥) گزارش کرده اند که شفته شدن خاک به افزایش جرم مخصوص ظاهری، و کاهش نفوذ عمقی و هدایت آبی اشباع در لایه سطحی خاک خشک متراکم منجر می گردد. رید و پارکینسون (١٩٨٤) مشاهده کرده اند که ترک خوردن در خاک‌هایی رخ می دهد که ساختمان خاک در اثر لگدمال شدن تخریب شده است در حالیکه انقباض (فصلی) مناطق لگدمال نشده، بدون ترک خوردن صورت گرفته است. این مطلب، همچنین به وضوح در عکس های ارایه شده توسط هوندال و همکاران (١٩٧٦) نشان داده شده است. در این عکس‌ها، الگوهای ترک در سله سطحی و در شرایط مختلف زهکشی مشاهده می گردد. نواحی زهکشی نشده، سله‌های بزرگتر و ضخیم تر و ترک های گسترده تری دارند.

1- Unconfined compressive strength
2- Consistency
3- Puddling

قطعات آزمایشی بدون زهکشی که توسط هوندال و همکاران (۱۹۷٦) تشریح شده است با یک خاکریز جلوگیری از رواناب احاطه شده اند. کل بارندگی در قطعات آزمایشی باقی می ماند که موجد شرایط مصنوعی ماندابی خاک می گردد. در جدول ۲۲ خلاصه ای از مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک در شرایط زهکشی نشده (با وجود خاکریز) و با زهکشی سطحی (بدون خاکریز) ارائه شده است.

جدول ۲۲- مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک رسی Lacustrine در قطعات با شرایط ماندابی مصنوعی (محصور در خاکریز)، نزدیک به شرایط طبیعی ماندابی (زهکشی سطحی) و خشک‌تر از حالت طبیعی (زهکشی سطحی و زیرزمینی) (هوندال و همکاران، ۱۹۷٦).

ویژگی خاک	محصور در خاکریز	زهکشی سطحی و زیرزمینی	زهکشی سطحی
جرم مخصوص ظاهری، gcm^{-3}			
عمق ۰–۱۵ cm	۱/۲۹	۱/۲۲	۱/۲٦
عمق ۱۵–۳۰ cm	۱/۳٦	۱/۳۲	۱/۳۳
مقدار رطوبت در ۱- بار، %w/w			
عمق ۰–۱۵ cm	۳۰/٤	۳۰/۱	۳۰/٦
عمق ۱۵–۳۰ cm	۲۹/۲	۲۹/٦	۲۹/٦
تخلخل هوایی، %v/v			
عمق ۰–۱۵ cm	۱۲/۵	۱۷/۰	۱٤/۵
عمق ۱۵–۳۰ cm	۹/۵	۱٦	۱۲/۰
مقاومت فشاری محصور نشده، $kgcm^{-2}$			
عمق ۰–۱۵ cm	۲/۵	۱/٦	۲/۳
عمق ۱۵–۳۰ cm	۳/۱	۲/۳	۲/۹
مقاومت به فرو روی، $kgcm^{-2}$	۱٤/٤	٦/۰	۱۲/٦
هدایت هیدرولیکی، cmh^{-1}	۰/۰٦	۲/۰	۰/۳۰

خاک‌ها در شرایط ماندابی و در قطعات محصور در خاکریز، جرم مخصوص ظاهری، مقاومت فشاری محصور نشده و مقاومت به فروروی بیشتر و تخلخل هوایی (در مکش یک بار) و هدایت آبی اشباع کمتری دارند.

اشتینهارت و ترافورد (۱۹۷٤) تفاوت های قطعات آزمایشی را از جهت فرو رفتن چرخ‌ها، فشردگی جانبی در شیار حاصل از حرکت چرخ، مقاومت به فرو روی و چگالی مرطوب، اندازه‌گیری کرده و نشان داده‌اند که در

خاک رسی شخم خورده، سیستم زهکشی زیرزمینی خسارت ناشی از تردد تراکتور و فرو رفتن چرخ‌ها را کاهش داده است. همچنین، در این تیمار تراکم در زیر و ١٦ سانتی متری لبه تراکتور کاهش یافته است. با افزایش مکش ماتریک خاک از ۲ تا ۲۵ سانتی‌متر؛ هر ۱۰ سانتی‌متر افزایش مکش بر کاهش فشردگی شیار حاصل از حرکت چرخ (با فرض ٦٧٠ کیلوگرم بار تراکتور) موثر بوده است. جمع‌بندی اشتینهارت و ترافورد (١٩٧٤) چنین بوده است که برای خاک‌های رسی که موقتاً غرقاب می‌شوند، زهکشی و رساندن سطح ایستابی به ۵۰ تا ٦٠ سانتی متری سطح خاک برای به حداقل رساندن تخریب ساختمان خاک توصیه می‌شود.

خرد شدن خاکدانه‌ها جنبه دیگری از فروسایی خاک در اثر شرایط ماندابی است. با ادامه آبپوشی، لایه های نازک آب، اطراف ذرات کانی را احاطه می کنند و با افزایش تدریجی ضخامت لایه آب، بارهای نگهداری شده توسط ذرات سست شده و ذرات خاکدانه از هم جدا می شوند. فرانسیس و کروز (١٩٨٢) نشان داده اند که پایداری خاکدانه‌ها حساسیت زیادی به مکش ماتریک – به ویژه در مکش نزدیک صفر– دارد و عملیات مدیریتی که باعث کند کردن زهکشی درونی خاک می‌شوند، ممکن است با افزایش پتانسیل ماتریک، اثر منفی قابل توجهی بر پایداری ساختمانی داشته باشد. چنین پدیده‌ای در فرایند برخورد قطرات باران به سطح خاک مصداق دارد. ابوشرار و همکاران (١٩٨٦) گزارش کرده‌اند که خرد شدن خاکدانه‌ها ممکن است بدون پراکنش رس رخ دهد اما در فرایند خرد شدن، ذرات پراکنده رس همزمان با شکستن خاکدانه، منتشر می شوند. این ذرات رس پس از ته نشینی به تشکیل یک ناحیه با نفوذپذیری اندک یا غیرقابل نفوذ در کف لایه شخم کمک می کنند.

از گذشته های دور این باور وجود داشته است که خاک های بسیار مرطوب در بهار به کندی گرم می شوند. استین هویس و والتر (١٩٨٦) این فرض را آزموده و به طور نظری نشان داده‌اند که میزان رطوبت عامل اصلی تغییرات درجه حرارت در خاک‌های معدنی نمی‌باشد. مقادیر دمای خاک سطحی در فواصل مختلف از لوله های زهکش زیرزمینی (جدول ۲۳) نشان می‌دهد که در ماه آوریل، میانگین حداکثر دمای روزانه در عمق ۵ سانتی-متری خاک و مجموع قرائت های ساعتی در دوره ۳۰ روزه در دورترین فاصله از زهکش، بالاترین مقدار را دارا بوده است. در نتیجه، این فرضیه که زیاد شدن رطوبت باعث کندی گرم شدن خاک در بهار می‌شود، زیر سئوال می-رود. اسکاتر و هورن (١٩٨٥) با استفاده از روش‌های شبیه سازی آزمایشگاهی، تغییرات ظرفیت حرارتی حجمی، هدایت گرمایی و پخشیدگی حرارتی را اندازه گیری کرده و نشان داده اند که زهکشی اثر قابل توجهی بر دمای خاک ندارد.

جدول ۲۳- اثرات زهکشی بر دمای خاک - آوریل ۱۹۸٤، کلمبوس، اوهایو [فوزی و لعل، ۱۹۹۰].

فاصه از زهکش (متر)	میانگین دمای حداکثر روزانه (^{o}C)	میانگین دمای حداقل روزانه (^{o}C)	مجموع قرائتهای ساعتی در ۳۰ روز (^{o}C)
۰	۱۳/٤	٦/۰	٥٦۰٤
۹	۱۳/٦	٥/۷	٥٥٤۰
۱۸	۱۳/۷	٥/۷	٥٥۷۹
۲۷	۱٤/٤	٥/٦	٥۷۱٥

برای هر قانونی، استثنایی وجود دارد. رطوبت زیاد ناشی از غرقاب شدن، از گذشته های دور به عنوان عامل فروسایی خاک در نظر گرفته شده است، اما آیش سیلابی روش مدیریت جالبی است که در اراضی نیشکر کشور گویان اجرا می شود (گومبز، ۱۹۸۲). در این روش، ساختمان مطلوب و پایدار در خاک‌های سنگین ایجاد می‌شود که عامل بسیار مهمی در موفقیت کشت مستمر در خاک‌های سنگین رسی گویان بوده است. در این روش، خاک پس از شخم، غرقاب شده و به مدت ٦ تا ۹ ماه رها می‌شود. پس از زهکشی آب موجود در مرحله غرقاب، مراحل نهایی آماده‌سازی زمین انجام می گردد.

٤-۳-۲- اثرات شیمیایی و زیستی

دو اثر شیمیایی مهم شرایط ماندابی و بی‌هوازی مرتبط با فروسایی خاک وجود دارد که یکی تجمع املاح در خاک سطحی یا نزدیکی آن در مناطق خشک و نیمه خشک که سطح ایستابی بالا دارند و دیگری تغییر میزان حلالیت و شکل شیمیایی عناصر غذایی در شرایط بی هوازی می باشد. شوری خاک با نامناسب کردن آن جهت تولید محصولات زراعی عامل فروسایی خاک می شود. شرایط بی هوازی نیز با غیرقابل جذب کردن برخی عناصر غذایی و به حد سمیت رساندن برخی دیگر، منجر به فروسایی خاک می گردد. توصیف مسئله شوری به فصل مربوطه در جلد دوم این کتاب واگذار می شود که مشخصاً بر این مسئله متمرکز شده است.

اثر شرایط ماندابی بر فرایندها و ویژگی‌های زیستی خاک هنوز گزارش نشده است. در شرایط بی‌هوازی، واضح است که مواد آلی در طی زمان تجمع می یابند. خاک‌هایی که در شرایط مرطوب تشکیل شده‌اند، حاوی مواد آلی زیاد هستند و گاهی به عنوان خاک‌های آلی شناخته می‌شوند. همچنین، محیط بی‌هوازی طبعاً توازن نسبی جمعیت جانداران در خاک را بر هم می زند.

کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیاء[1] قابل توجه ترین تغییر کمّی کوتاه مدتی است که در خاک‌های با

1- Redox potential

شرایط ماندابی ایجاد می گردد. خاک‌های با تهویه مناسب معمولاً پتانسیل اکسیداسیون و احیاء بین ٤٠٠+ تا ٧٠٠+ میلی ولت دارند که در خاک‌های غرقاب ممکن است به ٣٠٠- میلی ولت برسد. در مقادیر کمتر از ٤٠٠+ میلی ولت، شرایط خاک به عنوان احیای متوسط و در ١٠٠- میلی ولت به عنوان احیای شدید تعریف می‌شود. مادامی که اکسیژن در دسترس باشد، ترکیبات اکسید شده دیگر خاک (عناصر غذایی) نسبتاً از احیای شیمیایی و زیستی مصون هستند زیرا اکسیژن گازی به عنوان یک گیرنده الکترون، واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی را کامل می‌کند. در صورت فقدان اکسیژن در شرایط ماندابی، ترکیبات اکسید شده خاک گیرنده الکترون شده و احیاء می‌گردند. یکی از ترکیباتی که به سهولت احیاء می‌شود، نیترات است که شکل قابل جذب نیتروژن در خاک می‌باشد. احیای نیترات به دنیتریفیکاسیون موسوم است که منجر به هدر رفت سریع نیتروژن از خاک به صورت گازی می‌شود. به علت مقادیر زیاد نیتروژن مورد نیاز برای تولید محصول مناسب، هدر رفت نیتروژن از خاک را به عنوان فرایندی فروساینده می توان در نظر گرفت زیرا در این فرایند، نیتروژن قابل جذب به سرعت از خاک تخلیه می شود.

اطلاعات اندکی در مورد وضعیت شیمیایی خاک های غرقاب در دسترس می باشد. پونام پروما (١٩٧٢) مرور کاملی بر کارهای انجام شده در این مورد تا سال ١٩٧٠، ارائه نموده است. توصیف خاک‌های شالیزار توسط وی احتمالاً بیشترین کاربرد را در مباحث این قسمت دارد، زیرا چنین خاک‌هایی برای کشت برنج به کار می روند که در آن برای غرقاب کردن خاک و شفته کردن آن، خاکریزهایی ساخته می شود. در حین غرقاب کردن خاک، شرایط احیاء ایجاد می‌شود و حلالیت عناصر آهن، منگنز، سیلیس و فسفات افزایش یافته و در سطح خاک پخش می‌شوند یا به صورت جریان توده‌ای به طرف عمق خاک منتشر می گردند. هر گاه که آهن و منگنز احیاء شده به سطح حاوی اکسیژن برسند، با سیلیس و فسفات رسوب می دهند.

لعل و تیلور (١٩٦٩ و ١٩٧٠) مقدار جذب ٥ عنصر غذایی پرمصرف و ١٠ عنصر کم مصرف توسط ذرت را در شرایط با سطح ایستابی بالا و شرایط با زهکشی خوب در لایسیمتر مقایسه نموده اند. در خاک خیس، جذب آلومینیوم، آهن، منگنز و مولیبدن افزایش یافته، در حالی که جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، مس، بور و قلع کاهش یافته است. شارما و دداتا (١٩٨٥) گزارش کرده اند که در شرایط ماندابی شالیزار، حلالیت آهن و منگنز افزایش یافته است در حالی که پتانسیل اکسیداسیون و احیاء، و مقدار آبشویی نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم و روی کاهش می یابد. افزایش حلالیت آهن و منگنز در پی کاهش اکسیژن در خاک توسط پاتریک و هندرسون (١٩٨١) نیز تایید شده است. داده های منتشر نشده کوپر و فوزی (١٩٨٧) به وضوح نشانگر آن است که افزایش حلالیت منگنز می تواند در pH اسیدی، اثر سمی بر سویا داشته باشد.

٤-٤- اصلاح خاک‌های ماندابی

بحث‌های زیادی در مورد تبدیل اراضی ماندابی به اراضی زراعی در گرفته است که در اینجا مورد نظر نیست اما باید توجه داشت که صرف نظر از علت مشکل، هنگام فروسایی خاک زراعی در فرایند ماندابی شدن و ایجاد شرایط بی هوازی، روش اصلاح باید اثرات منفی شرایط ماندابی را به حداقل رسانده و حاصلخیزی منابع خاک را حفظ نماید. در این رابطه، اهمیت زیست محیطی تالاب های طبیعی نباید مورد غفلت قرار گیرد.

از دیدگاه تاریخی و بر اساس اسناد بدست آمده از تمدن های باستانی (آدامز، ۱۹۸۱) برخی سیستم های زهکشی سطحی در گذشته وجود داشته اند. این سیستم‌ها که شامل بسترهای بلند و انهار بودند، باعث زهکشی سریع آب اضافی خاک سطحی شده و حداقل در بخشی از سطح خاک مانع ایجاد شرایط ماندابی دائم می‌گردیدند. ناحیه زهکش و تهویه شده با چنین سیستمی، در دوره‌های متوالی و طولانی حفظ می شده است.

اخیراً به عنوان راهی برای جلوگیری از تخریب توان تولیدی اراضی، از سیستم های زهکش زیرزمینی استفاده شده است. گمان می رود قدیمی ترین سازه های موجود زهکش زیرزمینی مربوط به کاتو امپراتور روم باشد (ویور، ١٩٦٤). چنین سیستم هایی می توانند با زهکشی آب از نیمرخ خاک، آن را در برابر شرایط ماندابی محافظت نمایند و به این وسیله ناحیه دارای تهویه ای را در خاک ایجاد کنند که عمیق‌تر و دائمی‌تر باشد. در جایی که خروجی های کافی موجود نباشد، استفاده از پمپ برای حصول اطمینان از کاهش تناوب و کوتاه شدن دوره های مانداب شدن خاک توصیه می گردد.

اهمیت زهکشی برای اصلاح شرایط ماندابی خاک از دیر زمان مورد مطالعه بوده است (USDA, 1987). کارایی زهکشی در جلوگیری از فروسایی ناشی از شرایط ماندابی خاک، در هر منطقه بر حسب اقلیم، خاک و روش زراعت، متفاوت می باشد (کلارک و همکاران، ۱۹۸۸). زهکشی روش اصلاح تضمین شده ای برای مقابله با فروسایی ناشی از شرایط ماندابی نیست اما می تواند دوره های شرایط بی هوازی را به حداقل رسانده و با بهبود شرایط تردد، کمک به پیشگیری از شور شدن و کاهش فرسایش خاک، به روند اصلاح خاک کمک کند.

٤-٥- نتیجه گیری

خاک‌های حاصلخیز منبعی ارزشمند برای پایداری سطح قابل قبول زندگی بشری محسوب می‌گردند و بایستی کوشش‌های جدی برای جلوگیری از فروسایی خاک – صرف‌نظر از علت آن – صورت گیرد. شرایط ماندابی باعث فروسایی فیزیکی و شیمیایی خاک می شود. از دست رفتن مقاومت خاک فرسایش آن را تشدید، تراکم خاک را تسهیل و تردد را کند می نماید. ایجاد شرایط احیای شیمیایی و زیستی در شرایط بی هوازی خاک

منجر به کاهش قابلیت جذب برخی عناصر غذایی ضروری و به ویژه نیتروژن شده و حلالیت برخی عناصر را تا حد سمیت افزایش می دهد. زهکشی، ابزاری مدیریتی است که برای محافظت خاک از فروسایی در شرایط ماندابی قابل کاربرد است. زهکشی سطحی و زیرزمینی تا حدی هدف فوق را تامین می کند و اغلب اوقات هر دو نوع زهکشی برای کنترل موثرتر آب اضافی در خاک مورد نیاز است.

مراجع

Abu-Sharar, T.M., F.T. Bingham, and J.D. Rhoades. 1986. Stability of soil aggregates as affected by electrolyte concentration and composition. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 309-314.

Adams, R.E.W., Brown , Jr., and T. P. Culbert. 1981. Radar mapping, archeology, and ancient Maya land use. Science 213: 1457-1463.

Bettany, E., A.V. Blackmore, and F.J . Hingston. 1964. Aspects of the hydrological cycle and related salinity in the Belka Valley, Western Australia. Aust. J. Soil Res. 2: 187-210.

Clark, A. M., A.C. Armstrong, R . J. Parkinson , and I. Reid . 1988. Field drainage and land management, a comparison of four long term field trials. Agric. Water Management 14: 113-124.

Conacher, P., and P. Dearden. 1988. Soil conservation integrated with road construction-A reality after 200 years. Aust. J. Soil Water Conserv. 1(1): 17-23.

Cooper, R.L., and N.R. Fausey. 1987. Unpublished data.

Doering, E.J. and F.M. Sandoval. 1976. Hydrology of saline seeps in the Northern Great Plains. Trans. ASAE 19(5): 856-861,865.

Fausey, N.R. and R. Lal. 1990. Soil wetness and anaerobiosis. In: Lal, R. and B.A. Stewart (eds.). Advances in soil science, Vol. 11. Springer-Verlag, New York, USA.

Fausey, N.R.1987.Impact of cultural practices on drainage of clay soils. pp.288-292. In : Drainage design and management. Proc. Fifth Natl. Drainage Symp., Amer . Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.

Fausey , N.R.., G .S .Taylor, and G .O .Schwab. 1986. Subsurface drainage studies in a fine textured soil with impaired permeability. Trans. ASAE 29: 1650-1653.

Francis, P.B.,and R.M. Cruse .1982. Soil water matric potential effects on aggregate stability. Soil Sci. Soc. J. 47: 578-581. Amer.

Gumbs, F.A. 1982. Soil and water management features in Trinidad and Guyana.Trop. Agric.(Trinidad) 59(2): 76-81.

Hundal, S.S., G.O. Schwab, and G.S. Taylor. 1976. Drainage system effect on physical properties of a lakebed clay soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 300-305.

Lal, R. and G.S. Taylor. 1969. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study: I. Corn yield and soil condition. Soil Sci. Soc. Amer. J. 33: 937-941.

Lal, R. and G.S. Taylor . 1970. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study: II. Mineral uptake by corn. Soil Sci. Soc. Amer. J. 34: 345-248.

McGuiness, J.L., and L.L. Harrold. 1971. Reforestation influences on small watershed stream flow. Water Resource Res. 7(3): 845-852.

Patrick, W.H.., Jr. and R.E Henderson. 1981. Reduction and reoxidation cycles of manganese and iron in flooded soil and in water solution. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45: 855-859.

Ponnamperuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. Adv. Agron. 24: 29-96.

Reid, I., and R. J. Parkinson. 1984. The wetting and drying of a grazed and ungrazed soil. J. Soil Sci. 35: 607-614.

Scotter, D. R., and D.J. Horne. 1985. The effect of mole drainage on soil temperatures under pastures. J. Soil Sci. 36: 319-327.

Sharam, P.K. and S. K. DeDatta . 1985. Puddling influence on soil , rice development, and yield. Soil Sci. Soc . Amer. J. 49: 1451-1457.

Steenhuis, T.S., and M.F. Water. 1987. Will drainage increase spring soil temperatures in cool and humid climates? Trans. ASAE 29(6): 1641-1645,1649.

Steinhardt, R., and B. D. Trafford. 1974. Some effects of sub-surface drainage and ploughing on the structure and compactability of a clay soil. J. Soil Sci. 25:138-152.

Tennessee Valley Authority. 1962. Reforstation and erosion control influences upon the hydrology of the Pine Tree Branch Watershed, 1941-1960. TV A, Knoxville, TN.

U .S .Department of agriculture, Economic Research Service. 1987. Farm drainage in the United States: History status and prospects, G. A. Pavelis(ed.). Misc. Publ. No. 1455.

Weaver, M.M. 1964. History of tile drainage. M.M. Weaver, Waterloo, NY.

White House-Department of Interior Panel on Waterlogging and salinity in West Pakistan. 1964. Report of Land and Water Development in the Indus Plain.