شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

مدیریت پایدار و فیزیک خاک (گذشته حال و چشم‌انداز آینده)

محمدعلی حاج‌عباسی [1*]

[1] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

سازمان ملل متحد از دهه هشتاد میلادی در تلاش برای تعریف اهدافی برای دستیابی به توسعه پایدار بوده است. نهایتاً در سال ۲۰۱۵ اهداف هفده‌گانه‌ای را با اجرای زمانی ۱۵ ساله تحت عنوان "اهداف توسعه پایدار تا ۲۰۳۰" (SDG)[1] منتشر کرد. هرکدام از این اهداف به زیر مجموعه‌هایی تقسیم شده که در کل ۱۶۹ هدف را تعیین نموده است. بر اساس این اهداف وظایفی را در حیطه بخش‌های مختلف کاری سازمان‌ها، گروه‌ها و دولت‌ها در کل کشورهای دنیا قرار داده است. بسیاری از این اهداف مانند نبود فقر (هدف اول)، گرسنگی (هدف دوم)، امنیت غذائی (هدف سوم) و آب سالم (هدف ششم) می تواند با جلوگیری از تخریب بیشتر و یا احیا و استفاده چند منظوره از زمین در محدوده سیستم خاک-آب محقق شود. در راستای تحقق این موضوع بخشی از سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ ه ش نیز "حفاظت محیط زیست و احیای منابع طبیعی" بوده که در آن بر "ایجاد ساز و کار مناسب برای رشد بهره‌وری عوامل تولید (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب و خاک و ...)" تاکید شده است. در این راستا خاکشناسان در دانشگاه‌ها و محققین موسسات تحقیقاتی مربوطه و به ویژه متخصصین فیزیک خاک می‌توانند در جهت برآورده‌کردن اهداف یادشده گام‌های اساسی بردارند. چرا که هدف اصلی علم فیزیک خاک از یک طرف مطالعه بنیادی پدیده‌ها و فرآیندهای فیزیکی در خاک (فیزیک خاک نظری) و درک و فهم کلی راهکارهای زیربنایی و روابط بینابینی مبادله انرژی، گردش آب و حرکت مواد در خاک بوده و از طرف دیگر با طراحی و ساخت و به کارگیری یافته‌های نظری فوق (فیزیک خاک کاربردی) در کمک به مدیریت صحیح خاک و آب و حفاظت از این منابع طبیعی، در رابطه با خاک‌ورزی، آبیاری، زهکشی، مدیریت تهویه و دمای خاک، توصیه نوع کشت و کار و در نهایت استفاده بهینه و پایدار از خاک می‌تواند به بسیاری از اهداف هفده‌گانه فوق کمک شایانی نماید.

کلمات کلیدی: مدیریت پایدار، فیزیک خاک، هدررفت خاک

مقدمه

توسعه پایدار، اهداف و مولفه ها

مفهوم جهان پایدار[2] اولین بار در سال ۱۹۸۷ شکل گرفت زمانی که کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه سازمان ملل متحد گزارش آینده مشترک ساکنان کره خاکی را منتشر کرد (Brebbia، ۲۰۱۰). توسعه پایدار پس از آن به عنوان "توسعه ای که نیازهای حال را برآورده کند بدون به خطر انداختن توانایی تأمین نیازهای نسل های آینده" تعریف شده است، ولی هنوز کاملا مشخص نشده است که چگونه می توان این ایده را عملیاتی کرد (Lal و همکاران ۲۰۱۸). پذیرش هفده هدف توسعه پایدار (SDG) (جدول ۱) توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد در سپتامبر ۲۰۱۵ یک گام اساسی برای مقصد فوق بنیان‌گذاری نمود، زیرا ایده پایداری را با ۱۷ هدف اساسی و کلی به صورتی بیان کرده که قابل اندازه‌گیری و شامل همه جنبه-

* ایمیل نویسنده مسئول: hajabbas@cc.iut.ac.ir

[1] Sustainable Development Goals
[2] The Sustainable World

های زندگی باشد (Keesstra و همکاران ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶). قرار است این اهداف جهان شمول که خود شامل ۱۶۹ زیر مجموعه اهداف بوده است، تا سال ۲۰۳۰ باعث دگرگونی زندگی ساکنان زمین شود (Mol وKeesstra ۲۰۱۲).

جدول ۱. اهداف هفده گانه توسعه پایدار مصوب سازمان ملل متحد	
۱ -پایان دادن به فقر.	۹ -ارتقاء زیر ساخت ها و صنعتی فراگیر.
۲ -پایان دادن به گرسنگی.	۱۰ -کاهش نابرابری.
۳ -زندگی سالم وارتقاء رفاه.	۱۱ -شهرها وجوامع پایدار وتاب آور.
۴ -آموزش با کیفیت.	۱۲ -الگوی تولید ومصرف پایدار.
۵ -برابری جنسیتی.	۱۳ -اقدامات جهت مبارزه با تغییرات اقلیم.
۶ -دردسترس بودن آب سالم و فاضلاب.	۱۴ -استفاده پایدار ازاقیانوس ودریا ها.
۷ -دسترسی به انرژی پاک ومقرون به صرفه	۱۵ -ارتقای اکوسیستم وجلوگیری از کاهش تنوع زیستی.
۸ -رشد اقتصادی پایدار و کارشایسته.	۱۶ -جامعه ی پایدار وصلح آمیز.
	۱۷- احیای مشارکت جهانی برای توسعه پایدار.

مدیریت پایدار

مفهوم مدیریت پایدار از پایداری گرفته شده و آن را با مفاهیم مدیریت ترکیب کرده است. پایداری بر سه وجه استوار است: ماندگاری محیط زیست، تامین نیاز نسل‌های حال و آینده و اقتصاد کارا. مدیریت پایدار با استفاده از این سه محور، با حفظ حیات اقتصادی و همچنین با تأمین نیازهای نسل های حال و آینده و با محدودکردن بار اضافی بر روی منابع (به وِیژه منابع طبیعی)، توانایی این سیستم را برای شکوفایی فراهم می‌کند. مدیریت پایدار بر اساس موارد مختلف استفاده می‌تواند تعاریف متفاوتی داشته باشد. بر این اساس با استفاده از شیوه‌های پایدار در دسته‌بندی مشاغل مانند کشاورزی، جامعه، محیط زیست و زندگی شخصی و با مدیریت آنها به روشی که به نفع نسل‌های فعلی و آینده باشد، تبیین و اجرا می‌گردد. مدیریت پایدار مورد نیاز است زیرا بخش مهمی از توانایی موفقیت‌آمیز حفظ کیفیت زندگی در سیاره ما بوده و آن را می‌توان در تمام جنبه‌های زندگی به کار برد. اگر جامعه بخواهد رونق اقتصادی، حفظ محیط زیست و آینده سالم داشته باشد، باید مدیریت پایدار بر آن حکمرانی کند تا بتواند به طور مستمر مورد استفاده نسل‌های کنونی و آینده قرار بگیرد. این امر می تواند همراه با تصمیم گیری هایی باشد که به حفظ محیط زیست اطراف ما کمک کند، و به دنبال آن باعث سلامتی روح و جسم ساکنان زمین باشد. آب، خاک، مرتع و جنگل و در کل منابع طبیعی نیاز به مدیریت پایدار دارند (FAO وITPS، ۲۰۱۵).

مدیریت پایدار و خاک

خاک، از جمله منابع طبیعی دیر تجدید شونده است که همواره و از راه‌های مختلف در معرض تخریب‌های فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیک، بطور طبیعی و یا انسان محور قرار داشته و دارد (Keesstra و همکاران ۲۰۱۶). مدیریت نادرست خاک باعث نابودی آن شده و بازسازی آن حداقل در کوتاه و میان مدت بسیار دشوار است (Easdale، ۲۰۱۶). تخریب خاک یکی از موانع اصلی دستیابی به اهداف توسعه پایدار مصوب سازمان ملل (SDG) است. خاک در چندین مورد از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل به صورتهای مستقیم و غیر مستقیم و از طریق ارائه خدمات اکوسیستمی می تواند نقش داشته باشد که به طور اختصار در جدول ۲ به آنها اشاره شده است.

جدول ۲. بررسی اجمالی خدمات اکوسیستم و رسیدن به اهداف توسعه پایدار (SDG) در صورت جلوگیری ازتخریب زمین

خدمات اکوسیستم توسط خاک	حصول اهداف توسعه پایدار (SDG) در صورت جلوگیری از تخریب زمین
۱. تهیه غذا، چوب و فیبر ۲. تهیه مواد اولیه ۳. پشتیبان زیرساخت برای انسان و حیوانات ۴. کاهش سیل ۵. فیلتر مواد مغذی و آلاینده ها ۶. تنظیم کربن ذخیره سازی و گازهای گلخانه ای ۷. آلودگی زدایی و بازیافت ضایعات ۸. تنظیم آفات و جمعیت های بیماری ۹. تفریح و سرگرمی ۱۰. زیبایی شناسی ۱۱. میراث ارزش ۱۲. هویت فرهنگی	۱. زندگی بدون فقر ۲. گرسنگی صفر ۳ -زندگی سالم وارتقاء رفاه ۶. آب تمیز و بهداشت ۷. انرژی پاک و مقرون به صرفه ۸. رشد اقتصادی پایدار ۹. زیرساخت های انعطاف پذیر ۱۱. شهر پایدار ۱۲. مصرف و تولید مسئولانه ۱۳. تنظیم آب و هوا ۱۵. زندگی سالم روی زمین

به عنوان مثال خاک برای پایان دادن به گرسنگی (هدف ۲) بسیار مهم است زیرا درحال حاضر حدود ۹۵ درصد از قوت لایموت انسان روی کره زمین وابسته به کشاورزی بر روی خاک بوده و دستیابی به امنیت غذایی و بهبود تغذیه از طریق مدیریت صحیح خاک و ترویج کشاورزی پایدار است (Lal، ۲۰۰۸). خاک برای هدف ۳ نیز مهم است، زیرا یکی از راههای رسیدن به جامعه سالم و سلامتی، سالم نگهداشتن خاک از آلودگی ها و جلوگیری از تخریب آن است (Symeonakis و همکاران ۲۰۱۵). آثار نامطلوب تخریب زمین و بیابان زایی بر توسعه پایدار در بسیاری از کشورها به وفور مستند سازی شده و در دسترس است. پژوهش و تحقیقات در معکوس کردن آثار این دو فرآیند (تخریب زمین و بیابان زایی) در بسیاری از مطالعات به صورت موردی بوده و در بسیاری از موارد موفق نیز بوده اند. اما مشکلات اصلی در این زمینه نه تنها در کشورهای در حال توسعه بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز هنوز وجود دارد (Bouma و همکاران ۲۰۱۷)، چرا که خاک های مختلف دارای سطح باروری متفاوتی هستند؛ بنابراین پتانسیل های مختلفی برای حمایت از تولید مواد غذایی دارند. آب و هوا و ترکیب ژنتیکی محصولات زراعی نیز در تولید مواد غذایی نقش دارند اما مقدار جذب مواد مغذی و آب توسط گیاهان را خاک تعیین می نماید. هدف شماره ۳ تضمین زندگی سالم برای همه است و در این راستا به خصوص بر کاهش تعداد مرگ و میر ناشی از آلودگی خاک تمرکز شده است. مثال دیگری از این مورد تراکم خاک و از بین رفتن مواد آلی آن به دلیل صنعتی شدن کشاورزی است که منجر به کاهش کیفیت ساختمانی خاک و کاهش بهره وری کشاورزی و تخریب محیط زیست (هدف ۱۵) همواره در حال انجام است (Ball، ۲۰۱۳ و Czachor و همکاران، ۲۰۱۳). از علت های اصلی موفق نبودن بسیاری از پژوهش‌ها در این زمینه پیچیده بودن مکانیسم وقوع فرایندهای زیستی (تکن و همکاران، ۲۰۱۹) و چگونگی بر خورد با آنها (مانندآلودگی زدائی) در خاک است. زیرا در این خصوص نه تنها مسائل علمی و فنی بلکه عوامل اجتماعی و اقتصادی نیز نقش برجسته ای از خود نشان می‌دهند.

خاک‌ها دارای پتانسیل‌های مختلف طبیعی برای تخریب[۳] و یا بازسازی[۴] می باشند. مختص بودن ویژگی‌های خاک در هر منطقه مانع از برون یابی و بسط نتایج پژوهش‌های یک محل به مناطق دیگر است. ترکیب و ویژگی‌ها از جمله بافت، ساختمان، مقدارآب، انرژی و پویایی مواد غذائی در

[3] Degradation
[4] Resilience

خاکها متفاوت است که با در نظر گرفتن آب و هوا و اقلیم موضوع بسی پیچیده تر می شود (Crawford و همکاران، ۱۹۹۵). به طور مثال در مناطق خشک، فرآیند بیابان زایی و نیز پتانسیل ترمیم آنها تفاوت زیادی با یکدیگر دارند. یکی از راه های موفق حل این گونه مسائل تخریب خاک و محیط و رسیدن به پایداری، اقدامات منطقه ای و ناحیه ای و استفاده از روش های اصلاحی (مانند مدل‌سازی فرآیندهای خاکی) در یک منطقه خاص و سپس بسط دادن آن به مناطق دیگر است (FAO و ITPS، ۲۰۱۵). استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند مدل‌سازی در برون‌گرایی و مدیریت‌های نوآورانه خاک ها و چشم اندازها (مانند کشاورزی دقیق) در مناطق مختلف امکان پذیر و مؤثر می نماید (Bouma و Montanarella، ۲۰۱۶)، این در صورتی است که شرایط اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی (تفکر سیستمی همکاری) و همچنین امکانات و تجهیزات لازم فراهم باشد. از این رو همکاری بیشتر گروهها و سازمانهای درگیر و مسئول از جمله خاک شناسان با دیگر رشته‌های علمی (مانند متخصصین ریاضی، فیزیک، هیدرولوژیست‌ها، جغرافیدانان فیزیکی و مدلسازها)، در مقطع کنونی پیشرفتی امیدوار کننده بوده و می تواند در کاهش تخریب زمین و بیابان زایی موثر باشد (Zhang و همکاران ۲۰۱۶). خاک شناسان می توانند در رسیدن به اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (SDG) (جدول ۱)، به مؤثرترین شیوه کمک کنند، زیرا علوم خاک به عنوان یک رشته مرتبط با زمین، می تواند از طریق شناسائی کارکردهای خاکها و خدمات اکوسیستمی آن قدم های موثری بردارد (Brevik و همکاران ۲۰۱۵). یعنی با شناسائی جزئیات ویژگی‌های فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیک و چگونگی تشکیل و تخریب خاکها و شناسائی کاربردهای این ویژگی‌ها و فرایندها از یک طرف و ارتباط با متخصصین سایر رشته ها و گروه های گوناگون ذینفع در عرصه های سیاست از سوی دیگر می تواند با معضلات مربوط به محیط زیست (در کلیه ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی) آن به چالش برخیزند (Bouma، ۲۰۱۹). برای تحقق این اهداف گامهای زیر توسط جامعه علوم خاک پیشنهاد شده است (Lal، ۲۰۰۸):

الف- اهداف سازمان ملل (SDG) باید جدی گرفته شود. زیرا بستری را فراهم می‌کنند که به علوم خاک اجازه می دهد تا اهمیت خود را برای تحقق یک جامعه پایدار تا سال ۲۰۳۰ نشان دهند.

ب- ارزش واقعی و خاص دانش خاک به دیگر اقشار معرفی و شناسانده شود. پژوهش‌ها باید صریحاً نشان دهد که چگونه با استفاده از اطلاعات مدرن خاک می توان نتایج مطالعات بین رشته ای در مورد SDG های مربوط به امنیت غذایی، کمبودآب، تغییرات آب وهوائی، از بین رفتن تنوع زیستی و تهدیدات سلامتی را بهبود بخشید.

ج- در تجزیه و تحلیل سیستم های عظیم اکوسیستم، رهبری در دست خاکشناسان قرار بگیرد، زیرا خاک‌شناسی ماهیت چند وجهی داشته و علوم بسیاری را در خود پرورش می دهد و لذا خاک شناسان در موقعیتی بی نظیر قرار دارند.

د- افزایش آگاهی دادن عمومی نسبت به مواد آلی به عنوان یک ویژگی مهم خاک برای نشان دادن اهمیت عملکرد و خدمات اکوسیستمی آن.

ه- انتقال دانش خاک از طریق متخصصان حرفه ای و با سابقه به مصرف کنندگان مانند کشاورزان، خانواده ها، که این کار باید از پایه شروع شود و برنامه های آموزشی در تمام سطوح باشد ولی مدارس ابتدایی و دبیرستانها در اولویت قرار داده شود.

ز- برقراری ارتباط با عرصه سیاست و قانون گذاران و با ایجاد چهارچوب های علمی-اجرائی و با در نظر گرفتن نیروهای انسانی و اعمال فشارها و واکنشهای مؤثر بر تغییر، مثلا قوانین کاربری زمین و از جمله "قانون خاک" مصوب مجلس شورای اسلامی در کشور ما می تواند اهرم خوبی باشد.

ح- همه اینها تنها درصورتی ممکن است که خاک شناسان در خط مقدم و به همراه سایر رشته ها، بصورت ملی و جهانی در زمینه شناساندن چالش های خاکی به جامعه فعال باشند.

تاریخچه ای از توسعه علم فیزیک خاک

فیزیک خاک به عنوان یکی از زیر شاخه ها همانند و در طول و عرض بقیه گرایش‌های کلاسیک (شیمی، بیولوژی و رده‌بندی) خاک شناسی می تواند در راستای به وقوع پیوستن SDG ها بسیار موثر باشد. علم فیزیک خاک "بررسی ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی در خاک" است. این علم در اعمال مدیریت و پیش بینی فرآیندهای تحت اکوسیستم های طبیعی و دست خورده کاربرد دارد. فیزیک خاک به پویایی اجزای فیزیکی خاک و شکل-های مختلف آنها به صورت جامد، مایع و گازها می پردازد. این اصول فیزیکی می‌تواند به شیمی، فیزیک، مهندسی و هواشناسی کمک کرده و اثرات آنها را بر فعالیتهای تولید محصولات مانند عملیات کشاورزی ترسیم کرده و از این راه سیستم های مختلف زراعی و مدیریت های صحیح خاکی-آبی را به

جامعه مصرف (کشاورزان) معرفی نماید. لذا فیزیک خاک که مطالعه وضعیت و حرکت انرژی و جرم در زنجیره ای شامل خاک، گیاهان و لایه مرزی سطحی جو را در حیطه خود دارد، می تواند بسیار مهم باشد. اهمیت علم فیزیک خاک از ابتدای فعالیت‌های بشری یعنی اوایل اقدام به کشاورزی به رسمیت شناخته شده است. این فعالیت‌ها به عنوان مثال با استفاده از ابزارهای خاک‌ورزی برای آماده سازی زمین مشهود است. با این حال، به طور کلی پذیرفته شده است که مطالعه علمی در مورد ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها در اروپا در اوایل قرن نوزدهم آغاز شد. بیشتر پژوهش‌های اولیه مبتنی بر تأثیر ویژگی‌های فیزیکی خاک بر رشد گیاهان متمرکز بوده است. اگرچه کشف قانون دارسی نتیجه مستقیمی از کاربرد فیزیک خاک در مشکلات آلودگی آب (در فرانسه) بود. دانشمندان آلمانی شابلر[۵]، شوماخر[۶] و ولنی[۷] از نخستین کسانی بودند که ویژگی‌های فیزیکی خاک را برای تولید محصولات زراعی در قرن نوزدهم مورد مطالعه قرار دادند. شابلر وزن مخصوص (حقیقی و ظاهری)، ظرفیت نگهداری آب، انبساط و انقباض، محتوای آب هیگروسکوپی، ظرفیت گرمائی، گرمای نهان مرطوب شدن و هدایت الکتریکی خاک‌ها را تعیین کرد. علاقه شوماخر بیشتر به حرکت هوا و آب در خاک بود. شوماخر مفهوم ظرفیت اشباع مویینگی (ظرفیت مزرعه) خاک ها را معرفی کرد و شیوه های مختلف مدیریتی را برای بهبود ساختمان خاک پیشنهاد کرد. ولنی تأثیر رشد گیاهان و مدیریت خاک بر خصوصیات فیزیکی را مورد مطالعه قرار داد. وی یکی از نخستین مجلات فیزیک خاک با نام " تحقیقات در زمینه فیزیک کشاورزی"[۸] ، را در سال ۱۸۷۸ پایه گذاری کرد. بنابراین بسیاری او را پدر فیزیک خاک در اروپا به حساب می آورند. وی آزمایش‌هایی را برای اندازه گیری دمای خاک، آب و ترکیب گازها، چگونگی تأثیرگذاری این ویژگی‌ها در مدیریت خاک و کرمهای خاکی و چگونگی تأثیر آنها را بر بهره وری محصولات انجام داد. همچنین در اروپا، دانشمند فرانسوی، شلوزیگ[۹] و دانشمند هلندی ون برملن[۱۰] در مورد ویژگی‌های کلوئیدی خاک رس در اواخر قرن نوزدهم مقالاتی را منتشر کردند. آنها از جمله توانایی رس‌ها برای نگه داشتن آب در هنگام خشک شدن در هوا را مورد مطالعه قرار دادند. میتچرلیچ[۱۱] گرمای خیس شدن خاک را مورد بررسی قرار داده و روش هائی را برای تعیین محتوای آب خاکدانه های ریز ابداع نموده است. دارسی آزمایش‌های خود را در قرن نوزدهم در فرانسه انجام داد که منجر به تدوین قانون جریان اشباع دارسی شده و در سال ۱۸۵۶ منتشر گردید. دارسی برای شهر دیژون یک سیستم تصفیه آب سطحی را که با خردل (صنعت معروف آن شهر) آلوده شده بود، ابداع نموده و قوانین و روش مطالعه مربوط به جریان مواد آلاینده در خاک را بنیان گذاری نمود. قانون جریان اشباع دارسی بعداً به طور مستقل توسط هاگن و پویزویل[۱۲] از قانون ویسکوزیته نیوتن و برای تعیین شار آب در لوله های مویینه استفاده شد.

جزوات و کتابهای متعددی از ابتدای شناخت نسبت به علم فیزیک خاک منتشر شده است. چاپ این انتشارات به بیش از یکصد و پنجاه سال قبل و با مطالب دارسی[۱۳] (۱۸۵۶) ، وارینگتن[۱۴] (۱۸۷۶)، دوکوچیف[۱۵] (۱۹۰۰)، بریگز[۱۶] (۱۹۴۰)، باکینگهام[۱۷] (۱۹۰۷)، گاردنر[۱۸] (۱۹۲۰)، ریچارد[۱۹] (۱۹۳۱)، فلیپ[۲۰] (۱۹۵۷)، و کرخام[۲۱] (۱۹۵۰) بر می گردد. اخیراً کتابی تحت عنوان "فیزیک خاک ضروری[۲۲]" توسط هورن و همکاران (۲۰۱۶) به چاپ رسیده که بسیاری از موضوعات فیزیک خاک در آن گنجانده شده و به طور خلاصه بحث شده است.

---

[5] Schubler
[6] Schumacher
[7] Wollny
[8] Forschungen auf dem Gebiete Agrikulturphysik
[9] Schloesing
[10] van Bermlen
[11] Mitcherlich
[12] Hagen–Poiseuille equation
[13] Darcy
[14] Warrington (1876)
[15] Dokuchaiev
[16] Briggs
[17] Buckingham
[18] Gardner
[19] Richard
[20] Philip
[21] Kirkham
[22] Essential Soil Physics

"مجله اروپایی علوم خاک[۲۳]" در طول تاریخ چاپ خود از فیزیک خاک دفاع کرده و بسیاری از مطالب مهم و پراستناد را در این خصوص منتشر نموده است. این مطالب باعث انعکاس پیشرفت هایی در درک خصوصیات ساختمانی و تأثیر آن بر طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیکی خاک بوده است. مقالات تأثیرگذاری شامل مطالعاتی در مورد روابط ساختمان و منحنی نگهداشت آب در خاک (Croney و Coleman، ۱۹۵۴) و یا پژوهش‌های Quirk و Schofield (۱۹۵۵) در مورد تأثیر الکترولیتها بر ساختمان فیزیکی خاک و در ارتباط با نفوذپذیری آن بوده و یا مطالب Marshall (۱۹۵۸) که مربوط به نفوذپذیری خاک و توزیع اندازه منافذ است. در ایالات متحده، دانشمندانی مانند هیلگارد[۲۴]، جانسون[۲۵]، کینگ[۲۶] و اسلکتر[۲۷] جنبه های مختلف فیزیک خاک را در قرن نوزدهم مورد مطالعه قرار دادند. هیلگارد ویژگی‌های اندازه ذرات خاک را بررسی کرد و زمینه را برای پژوهش‌های مدرن بعدی در این خصوص فراهم کرد. جانسون تأثیر خاک‌ورزی را بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و حرکت مویینگی آب بررسی کرد. کینگ که به عنوان پدر فیزیک خاک در ایالات متحده به حساب می آید، ظرفیت نگهداری آب خاک ها، میزان آب مورد نیاز گیاهان مختلف، تخلخل و تأثیر خاک‌ورزی بر خاک را مورد بررسی قرار داد. کینگ کتابی به نام "فیزیک کشاورزی[۲۸]" منتشر کرد که برای دهه ها متن درسی معتبری برای کلاس‌های فیزیک خاک بود. اسلکتر پژوهش‌های اساسی زیادی در مورد حرکت آب در خاک انجام داد و اصطلاح "پتانسیل" را در ادبیات فیزیک خاک معرفی نمود. بریگز و شانتز مفهوم حداکثر رطوبت موجود (آب قابل استفاده) را ایجاد کردند نتایج مطالعات آنها بر "ضریب پژمردگی برای گیاهان مختلف و تعیین غیرمستقیم مقدار آن" در سال ۱۹۱۲ منتشر شد. باکینگام در سال ۱۹۰۷، "مطالعات مربوط به حرکت رطوبت در خاک" را منتشر کرد، که در آن برای اولین بار عنوان می کند که جریان آب در خاک های غیراشباع وابسته به شیب پتانسیل ماتریک است. در دهه ۱۹۲۰ فیزیک خاک به یک رشته شناخته شده تبدیل شده بود. احتمالاً اولین دوره درس فیزیک خاک در سال ۱۸۹۹ در دانشگاه ایالتی اوهایو تدریس شد. سرانجام، انتشار مجله‌های علمی آغاز شد که در آنها مطالعات فیزیکی خاک نیز منتشر گردید. به عنوان مثال مجله انگلیسی علوم کشاورزی انگلیس (- ۱۸۶۵)، مباحث مربوط به انجمن فارادی (- ۱۹۰۳)، مجموعه مقالات انجمن آمریکایی زراعت (- ۱۹۰۷)، علوم خاک (- ۱۹۱۶) و هیلگاردیا (۱۹۲۵) منتشر شدند.

وضعیت حال علم فیزیک خاک در جهان و ایران

در دهه های اخیر نگرانی های ناشی از امنیت غذایی، تخریب محیط زیست و تغییر آب و هوائی باعث شده است که رنسانسی قابل توجه و مورد استقبال در خصوص علم خاکشناسی واقع شود (Bouma و Montanarella، ۲۰۱۶). علم فیزیک خاک که یکی از زیر شاخه های اصلی و کلیدی علوم خاک است نیز برای شناخت جامع از هر یک از این چالش‌ها، مهم و حیاتی تلقی شده است. بررسی‌های Jarvis (۲۰۰۷) منبع عمده‌ی اطلاعات در مورد چگونگی ایجاد منافذ درشت و جریان غیریکنواخت آب در خاک ها است. شخصی به نام Rose (۲۰۰۶) نتایج پژوهش‌هایی را انتشار داده است که پراکندگی هیدرودینامیکی املاح و تأثیر فعل و انفعالات سطح املاح و جذب مواد غذائی توسط گیاهان از یک طرف و ضررهای آنها از طرف دیگر را به خوبی نشان می‌دهد. ساختمان خاک به ویژه در رابطه با نوع و مقدار رس، ماده آلی و زیست‌توده، نیز به عنوان مباحث مهم و پراستناد تاریخی بوده است. پژوهش‌های Tisdall & Oades (۱۹۸۲) در مورد خاکدانه‌های خاک مهم و قابل توجه بوده است. رویکردهای متنوع و خوبی برای مطالعه ساختمان خاک و مطالعه آن با استفاده از لرزش صوتی برای بررسی وضعیت خاکدانه‌های ریز بوجود آمده (Edwards و Bremner، ۱۹۶۷) و همچنین در خصوص تنش‌های رطوبتی (Le Bissonnais، ۱۹۶۶) مقالات زیادی چاپ شده است. این مقالات شالوده ای را برای پژوهش‌های عظیم بعدی در مورد موضوعات عملی مانند فرسایش خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای فراهم آورده است. سایر مقالات بسیار نوآورانه در مورد ویژگی‌های فرسایش خاک (Youngs وHarrison Leeds، ۱۹۹۰) پایه و اساس پژوهش‌های بعدی را در مورد اندازه گیری (Leeds Harrison و همکاران ، ۱۹۹۴) و مدل‌سازی (Crawford و همکاران ، ۱۹۹۵) نقل و انتقال عناصر در خاک فراهم آورده است (Keesstra و همکاران ۲۰۱۲).

مجله اروپایی علوم خاک منبع اصلی مقالات فیزیک خاک مربوط به توسعه سنسورها و فن آوری های جدید بوده است. پژوهش‌های روث و همکاران (۱۹۹۲) برای اندازه گیری آب خاک استانداردی را برای استفاده از روش انعکاس‌سنجی زمانی (TDR) ارائه کردند، که این امر باعث اصلاحات زیادی در روشهای پیشین و فن آوری های جدیدی در مورد اندازه گیری وضعیت آب در خاک و گیاه گردید (Whalley، ۱۹۹۳؛ Malicki و همکاران ،

[23] European Journal of Soil Science
[24] Hilgard
[25] Johnson
[26] King
[27] Schleter
[28] Physics of Agriculture

۱۹۹۶). فن آوری های نوظهور مانند توموگرافی محاسباتی با اشعه ایکس (CT) و رزونانس مغناطیسی هسته ای (NMR) برای بررسی وضعیت ساختمانی و فیزیکی خاک در تعدادی از مقالات اخیر در این مجله استفاده شده است (Papadopoulos و همکاران، ۲۰۰۹). این مجله در شماره ویژه-ای در سال ۲۰۱۳ تحت عنوان "فیزیک خاک: رویکردهای جدید و چالش‌های نوظهور" طی مقالاتی چگونگی توسعه فیزیک خاک از ابتدا تا آن زمان و رویکردها و چالش‌های آینده را بررسی نمود.

مجلات آمریکایی مانند مجله انجمن علوم خاک آمریکا[29] نیز بخش قابل توجهی از انتشارات خود را به ویژگی‌های فیزیکی خاک و مطالب مربوط به آلودگی آب و خاک و رابطه آب-خاک و گیاه اختصاص داده است. این مجله نیز یافته‌های متخصصین فیزیک خاک را از ابتدا تا کنون چاپ نموده است.

در جدول ۳ تعدادی از دانشمندان علم فیزیک خاک که نائل به دریافت جایزه کرخام شده‌اند، به عنوان نمونه‌ای از افراد مطرح بین متخصصان علم فیزیک خاک آورده شده است.

جدول ۳. برخی از دریافت کنندگان آمریکایی جایزه کرخام مربوط به علم فیزیک خاک، محل خدمت و موضوع پژوهشی آنها

Year	Name	Institution	Research highlights
1998	Rien van Genuchten	USDA Salinity Lab	Soil Hydraulic Functions
1999	Bill Jury	UC Riverside	Transfer Function Models
2000	Brent Clothier	Hort. Research, NZ	Field Measurement Techniques
2001	Dani Or	ETH, Zurich	Pore Scale Phenomena
2002	Bob Horton	Iowa State Univ.	Coupled Heat, Water, and Solute Transport
2003	Jan Hopmans	UC Davis	Lab Techniques for Soil Hydraulic Characterization
2004	Laj Ahuja	USDA Fort Collins	Root Zone Water Quality Model
2005	Jirka Simunek	UC Riverside	HYDRUS
2006	Per Moldrup	Aalborg Univ., Denmark	Gas Diffusion
2007	Yakov Pachepsky	USDA Beltsville	Pedo Transfer Functions

در ایران نیز از ابتدای انتشار مجلات مربوط به خاک و آب مطالب در مورد فیزیک خاک همانند همه جهان به دست نشر سپرده شده است و همکاران متخصص در این زمینه یافته‌های پژوهشی و نتایج رساله ها و پایان نامه های دانشجویان تحصیلات تکمیلی را در این مجلات به چاپ رسانده-اند. در این زمینه بزرگان و پیش‌کسوتانی همچون محمد بایبوردی، محمد جعفر رفیع، محمد رضا نیشابوری، علی اکبر محبوبی، امین علیزاده و علیرضا سپاسخواه از پایه‌گذاران و انتشاردهندگان مطالب مربوط به علم فیزیک خاک بوده و فعالیت‌های زیادی انجام داده‌اند که منجر به انتشار کتاب‌های متعدد و مقالات بی‌شماری در این زمینه شده است. روند کلی پژوهش‌های فیزیک خاک توسط دانشمندان ایرانی در دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که در ابتدا توجه بیشتری به فرایندهای حرکت آب و نفوذ آب به خاک شده ولی با گذشت پژوهش‌ها در زمینه حرکت املاح و آلاینده‌ها، ساختمان خاک و روابط آب-خاک و گیاه و توسعه پژوهش‌ها با علوم آب و گیاهی (زراعت و باغبانی) نیز به تدریج در حال افزایش است. به نظر می‌رسد با وجود نیروهای علمی و توانمند کنونی، چشم‌انداز پژوهش در زمینه فیزیک خاک کشور روشن بوده و همگام با پیشرفت‌های فیزیک خاک در جهان رو به جلو است.

[29] Soil Science Society of America Journal

چشم انداز علم فیزیک خاک

چشم انداز فعالیتهای فیزیک خاک را می توان در موضوعات همایشهای مربوط به این علم جستجو کرد، چرا که انتظار است در این گردهم آیی ها آخرین مشکلات و چالشها در کنار بهترین دستاوردها و راه حل ها در معرض دید متخصصان و دانشمندان این حوزه قرار داده شود. در این مقاله به سه همایش در این خصوص اشاره می‌شود که مطالعه موضوعات آنها می‌تواند نگرش ما را نسبت به موضوع روشن نماید.

در تاریخ ۲۷ تا ۳۱ ماه مه ۲۰۱۹ در دانشکده علوم خاک، دانشگاه دولتی لومونوسف مسکو، همایشی تحت عنوان "مفاهیم اصلی فیزیک خاک: توسعه، چشم اندازهای آینده و کاربردهای فعلی" برگزار شد. دراین کنفرانس سؤالات زیر به عنوان چالش های پیش روی فیزیک خاک در نظر گرفته شد، که بسیاری از این موارد می‌تواند چشم اندازی از وضعیت آموزشی-پژوهشی این علم در آینده برای ما نیز باشد. این موضوعات عبارت بودند از: "پدیده‌های سطحی، پراکندگی، ساختمان و منافذ خاک"، "آبگریزی خاک (هیدرولوژی)"، "انتقال سموم و نمکها در خاک"، "فیزیک خاک و زیست توده"، "مدل سازی ریاضی در علوم خاک"، "خاکهای کشاورزی و شهری"، "ناهمگنی فضا-زمان و تکامل خاک"، "رژیم های رطوبتی-گرمائی خاک"، "جریان مواد و انرژی در خاک و چشم انداز آنها"، "جنبه های علمی و کاربردی احیای زمین"، "چالش های مدرن فیزیک خاک کاربردی: امنیت غذایی، کشاورزی دیجیتال (هوشمند)". در همین راستا کنفرانس کنفدراسیون انجمنهای علوم خاک اروپا (ECSSS) و ایروسویل (Eurosoil) که به صدای خاک اروپا مشهور است، هدف کنفرانس Eurosoil 2020 خود را "مقابله چالشهای محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاست های عمومی مربوط به تأثیر استفاده و خدمات خاک" قرار داده است. مطابق این برنامه، موضوع کنفرانس"ارتباط مردم و خاک" همراه با (ولی نه محدود به آن) اهداف منتخب توسعه پایدار (SDG) سازمان ملل متحد است. بنابراین، جدا از دانشمندان خاک، حل معضلات خاکی از کمکهای ذینفعان و همچنین زمینه های علمی مرتبط (پزشکی، اقتصاد، علوم اجتماعی و سایر موارد) نیز استقبال می کند. جلسات و کارگاه های آموزشی-تحقیقاتی این کنفرانس در راستای تقویت ارتباط علمی با همراهی یا مشارکت کلیه رشته های مرتبط و ذینفعان گوناگون در زمینه های تحقیق، آموزش، ترمیم، سیاست گذاری، مدیریت و حفاظت از خاک قرار داده شده است.

کنگره های علوم خاک در کشور ما نیز که توسط انجمن علوم خاک ایران و با همکاری دانشگاهها و موسسات تحقیقات خاک و آب هر دو سال یکبار برگزار می شود، محلی برای ارائه چالشها و راه حل های علمی برای حل معضلات خاکی کشور است. در این خصوص محورهای شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران مربوط به فیزیک خاک و چالشهای مرتبط با آن عبارتند از: فرسایش آبی، سیلاب، گرد و غبار، تنش کم آبی گیاه، تغییر اقلیم، بستر کشت‌های گلخانه‌ای، آلودگی زیست بوم، سلامت انسان و زیست پالایی، فناوری‌های نوین در علوم خاک، کیفیت خاک و مدیریت پایدار و مخصوصا موضوع خاک و جامعه. در این خصوص موضوع "خاک، فرهنگ، هنر و ترویج جایگاه آن" مطرح می شود که امید است دستاوردهای مطلوبی داشته باشد.

نتیجه‌گیری

فشار فزاینده بر اثر استفاده های زیاد در گذشته (نیازهای همه جانبه جمعیت رو به فزونی) بر روی خاک کره زمین وجود داشته، و در حال نیز با توجه به استفاده ها و مدیریت های نادرست، این منبع طبیعی زمینی به سرعت در حال تخریب می باشد و لذا همواره فشار روزافزونی را بر روی آن وارد می نماید. این موضوع رویکردی پایدار، سریع و اضطراری در کاربری اراضی و مدیریت زمین را می طلبد. چرا که مسائل زیست محیطی و به ویژه اراضی و خاک های سالم برای دستیابی به بسیاری از اهداف اجتماعی در چارچوب SDG ها ضروری است ولی مهلت رسیدن به این اهداف برای سال ۲۰۳۰ زیاد نیست. خلاصه ای از عملیات مورد نیاز برای رسیدن به آن مقصود، که بخش اعظمی از آنها در حیطه تعریف و وظایف علم فیزیک خاک و در نتیجه متخصصین مربوطه است، می تواند عبارت باشد از:

الف) نیاز به سیستمی پایدار با رویکردهای مستمر و یکپارچه از محیط زیست، اقتصاد و روابط اجتماعی (فرهنگی). یعنی برای پیاده سازی موفق و تحقق SDG ها، یک رویکرد سیستمی[۳۰] جزء اضطرارهاست.

[30] System Approach

ب) اهداف ۱۷ گانه SDG جدا از هم نبوده که بتوان آنها را یک به یک بررسی و اقدام نمود، بلکه آنها پیوسته و وابسته به هم هستند که تنها می توان از طریق برنامه‌ریزی هوشمند و با استفاده از یک قدرت سیستمی طبیعی-اجتماعی به آنها دست یافت.

ج) چهار مقوله "تفکر سیستمی، ارتباطات، راه حل های طبیعت محور و اقتصاد پویا" که-به شدت به هم نیز مرتبطند، در این خصوص پیشنهاد شده است. که در این راستا تفکر سیستمی پایه و اساس آن سه تای دیگر است. استفاده همزمان از این مقوله ها باعث ایجاد راه حل های قوی و پایدارتر از لحاظ محیط زیست و اجتماع و نقطه نظرات اقتصادی است. تغییر نگرشی نیاز است که دید "محیط زیست محافظتی" به" مدیریت پایدار استفاده از منابع" و از "اقتصاد بسته و نگرش عملگرائی" به "سیستم طبیعت محور" تبدیل گردد. برای تحقق این امر، مدل های آموزشی، پژوهشی و تحقیقاتی جدیدی در خصوص علوم خاک و به ویژه فیزیک خاک مورد نیاز است تا رویکردی که ادغام منافع زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی را در پی داشته باشد، حاصل شود. تنها با انجام حرکت به سمت راه حل های یکپارچه و بر اساس تجزیه و تحلیل سیستم های اجتماعی-زیست محیطی و با استفاده از مفاهیمی مانند راه حل های طبیعت محور میتوان از تخریب بیش از پیش خاک جلوگیری و به اهداف SDG تا سال ۲۰۳۰. دست یافت.

منابع

Ball, B.C. 2013. Soil structure and greenhouse gas emissions: a synthesis of 20 years of experimentation. European Journal of Soil Science, 64, 356–372.

Bardgett, R. D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B., and Fresco, L. O. 2016. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals, SOIL, 2, 111-128, doi:10.5194/soil-2-111-2016.

Bouma, J., S. Keesstra and A. Cerdà. 2017. The importance of Soil Science to understand and remediate Land Degradation and Desertification processes. Geophysical Research Abstracts

Vol. 19, EGU2017-16112-3, 2017.

Bouma, J. and L. Montanarella. 2016. Facing policy challenges with inter- and transdisciplinary soil research focused on the SDG's. SOIL 2, 135-145, doi:10.5194/soil-2-135-2016.

Bouma, J. 2019. Soil security in sustainable development. Soil Syst. 3, 5, doi:10.3390/soilsystems3010005.

Brebbia, C.A. 2010. Wessex Institute of Technology, UK

Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., and Van Oost, K. 2015. The interdisciplinary nature of soil, SOIL, 1, 117-129.

Crawford, J.W., Matsui, N. & Young, I.M. 1995. The relation between the moisture-release curve and the structure of soil. Eur. J. Soil Sci. 46, 369–375.

Croney, D. & Coleman, J.D. 1954. Soil structure in relation to soil suction (pF). J. Soil Sci. 5, 75–84.

Czachor, H., Hallett, P.D., Lichner, L. & Jozefaciuk, G. 2013. Pore shape and organic compounds drive major changes in the hydrological characteristics of agricultural soils. Eur. J. Soil Sci. 64, 333–343.

Easdale, M.H., 2016. Zero net livelihood degradation – the quest for a multidimensional protocol to combat desertification. SOIL 2, 129-134. doi:10.5194/soil-2-129-2016

Edwards, A.P. & Bremner, J.M. 1967. Microaggregates in soils. J. Soil Sci. 18, 64.

FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

Hamlett, C.A.E., Atherton, S., Shirtcliffe, N.J., McHale, G.S., Ahn, S., Doerr, H., 2013. Transitions of water-drop impact behavior on hydrophobic and hydrophilic particles. Eur. J. Soil Sci. 64, 323–332.

Horton, R. R Horn, J. Bachmann and S. Peth. 2016. "Hartge/Horn" Essential Soil Physics

An introduction to soil processes, functions, structure and mechanics. schweizerbart.com /9783510652884.

Jarvis, N. J. 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. Eur. J. Soil Sci. 58(3):523-546

Keesstra, S.D., Geissen, V., van Schaik, L., Mosse., K., Piiranen, S., 2012. Soil as a filter for groundwater quality. Current Opinions in Environmental Sustainability 4, 507-516.

Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Cerdà, A., Montanarella, L., Quinton, J. N., Pachepsky, Y., van der Putten, W. H., R. D. Bardgett, S. Moolenaar, G. Mol, B. Jansen and L. O. Fresco. 2016. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations sustainable development goals. SOIL, 2: 111–128.

Keesstra, S, G. Mol, J. de Leeuw, J. Okx, C. Molenaar, M. de Cleen and S. Visser. 2018. Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work. Land 7(133);1-20.

Lal, R. 2008. Soils and sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 28 (2008) 57–64

Lal, R., R. Horn and T. Kosaki, (Eds). 2018. Soil and Sustainable Development Goals. Catena-Schweizerbart, Stuttgart.

Marshall, T. J. 1958. A Relation Between Permeability and Size Distribution of Pores. Soil Sci. 9(1): 1-8.

Mol, G., Keesstra, S.D., 2012. Editorial: Soil science in a changing world. Current Opinions in Environmental Sustainability 4: 473–477.

Quirk, J. P. and R. K. Schofield. 1955. The Effect of Electrolyte Concentration on Soil Permeability. Euro. J. Soil Sci, 6(2): 163-168.

Rose, D. A. 2006. Some aspects of hydrodynamic dispersion of solutes in porous materials. Eur. J. of Soil Sci., 24(3):284 – 295.

Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., & Panagopoulos, G., 2016. Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: The case of Lesvos island. Land Degradation and Development, 27(6), 1562-1573.

Tecon, R., S. Mitri, D. Siccarese, D. Or, J. R. van der Meer and D. R. Johnson. 2019. Bridging the holistic-reductionist divide in microbial ecology. mSystems, 4(1), e00265-18

Zhang, K., An, Z., Cai, D., Guo, Z., & Xiao, J., 2016. Key role of desert-oasis transitional area in avoiding oasis land degradation from aeolian desertification in Dunhuang, Northwest China. Land Degrad. Develop. 28(1): 142-150.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Sustainable Management and Soil Physics (Past, Present and Future Prospects)

Hajabbasi, M. A.[*1]

[1] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

Since the eighties, the United Nations has been trying to define the Goals for sustainable development. Finally in the year 2015 seventeen goals with the implementation of a 15-year-old were published as "Sustainable Development Goals of 2030" (SDG). Each of these goals has been divided into some sub-goals, which has determined a total of 169 goals. According to these objectives, duties are placed in the area of various parts of the governments, organizations and groups in all countries of the world. Many of these goals, such as lack of poverty (Goal 1), starvation (Goal 2), food security (Goal 3) and healthy water (Goal 6) can be achieved by preventing further degradation or the proper use of soil-water system. In line with the realization of this issue, a part of the perspective of the Islamic Republic of Iran on the horizon 1404 is also "Environmental Protection and Resupply of Natural Resources" in which the "establishment of appropriate mechanisms for the growth of productivity factors (energy, capital, labor, water and soil, etc.)". In this regard, the soil scientists of the universities and researchers in the relevant institutes and especially the experts of soil physics can take the basic steps to meet many of these goals. Because the science of soil physics from one side is the study of fundamental physical processes in soil (theoretical soil physics) and understanding of the overall infrastructure solutions and interrelations of energy exchange, water circulation and material movement in the soil. On the other hand soil physics, by designing and manufacturing and using the findings of the above theories in helping to correct the soil and water management and protection of these natural resources (applied soil physics), helps sustainable soil management. In this relation practices like tillage, irrigation, drainage, controlling soil ventilation and temperature, are the other soil physics responsibilities. Recommendations of culture and work for optimal and sustainable use of soils as used for many of the seventeen ¬ goals, is another duties of soil physics.

Keywords: Sustainable Management, Soil Physics, Water Loss

[*] Corresponding author, Email: hajabbas@cc.iut.ac.ir