دکتر غلامحسین حق‌نیا
دانشگاه فردوسی مشهد
شماره مقاله: ۴۱۰

مدیریت پایدار خاک

Dr. Gholam Hossein Haqhnia

Ferdowsi University of Mashhad

Soil Management for Sustainability

In many parts of the world Problems related to soil degradation such as surface crust, compaction, slow water infiltration as well as drainage problem, salinity, erosion and pollution has considerably decreased soil productivity. This situation is worse in the developing countries. If agricultural production is to increase along with increasing world population, the soils should be exploited wisely. Increasing environmental hazards due to modern agricultural practices concludes our main interest to sustainable agriculture. World population is expected to exceed 6.7 billion by the turn of the century, thereby continuing the rapid increase in pressure on soil resources to produce food and fiber. Modern agriculture is an energy - intensive activity hense more soil degradation results. The scientific communities must develop agricultural technologies to (a) reduce input while maximizing economic returns, (b) decrease soil degradation, (c) minimize risks of pollution of natural waters and environments, (d) restore productivity of degraded land, and (e) maintain productive capacity of existing land by preserving a soil's life - support processes. In the future, soil management practices must be formulated on an understanding of the ecosystem concept. Agricultural production systems are managed ecosystems that differ considerably from natural ecosystems in structure and function. There are many examples of ecologically sound concepts and cultural practices that could by implemented in production agriculture for the future. Three specific management principles are proposed as: (1) Farming by soilscapes (soils and landscapes), (2) Managing zones within the fields, and (3) Managing the noncrop period.

مقدّمه

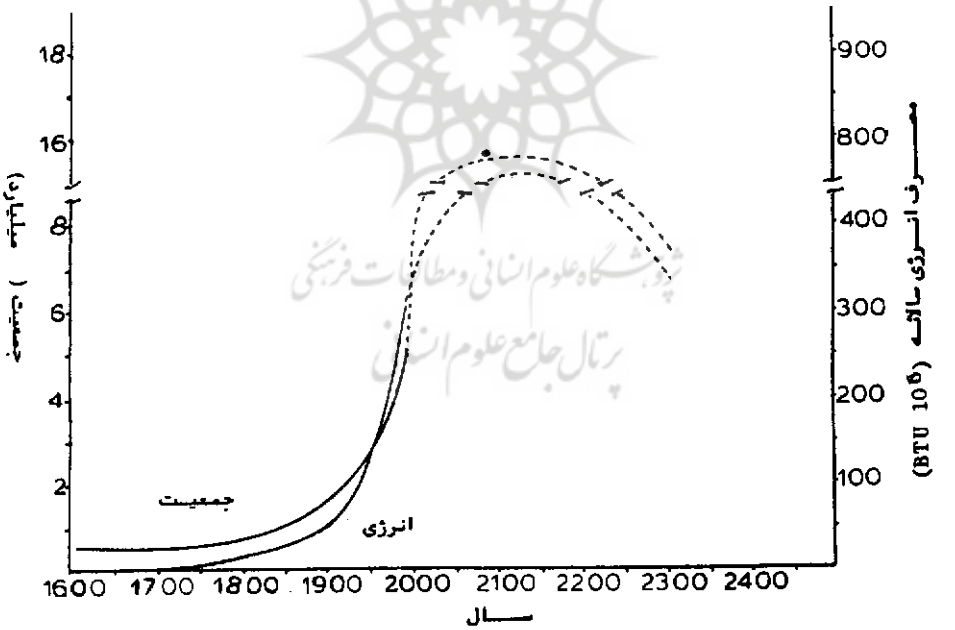
دشواریهای مربوط به تخریب ساختمان خاک مانند سله سطحی، فشردگی، نفوذ کند آب و همچنین مسأله زه‌کشی، شوری ، فرسایش و آلودگی، باروری خاکها را در همه جای دنیا به مقدار زیاد کاهش داده است، این پدیده در کشورهای در حال رشد محسوستر است. در ایران از کل ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی کشور مساحتی در حدود ۲۵ میلیون هکتار که معادل ۰/۱۵ سطح کل می‌باشد به درجات مختلف با مسائل شوری، وضعیت سدیمی، زه‌دار یا ماندابی بودن روبرو است. گذشته از این با در نظر گرفتن ۲ میلیارد تن فرسایش سالانه در ۱۱۰ میلیون هکتار از حوضه‌های آبخیز کشور و با احتساب قیمت هر تن خاک معادل ۲ دلار، سالانه حدود ۴ میلیارد دلار خسارت از این طریق به موجودی کشور وارد می‌شود (۱). سطح جنگلهای کشور از سال ۱۳۴۱ تاکنون از ۱۸ میلیون هکتار به ۱۲ میلیون هکتار کاهش پیدا کرده است. سطح مراتع نیز سیر نزولی داشته و از ۹۰ میلیون هکتار به ۵۰ میلیون هکتار رسیده است. در این میان سطح بیابانهای ایران فزونی داشته که از ۱۲ میلیون هکتار به ۱۵ میلیون هکتار افزایش نشان می‌دهد (۲). به منظور تولید فرآورده‌های کشاورزی در سطح جهانی توجه فزاینده‌ای به مدیریت پایدار خاک شده است. اگر قرار باشد که تولیدات کشاورزی همگام با تقاضای جمعیت رو به افزایش دنیا پیش برود، از خاکها باید به گونه‌ای صحیح بهره‌برداری شود.

در سرتاسر دوران تمدن، بشر با بحران تأمین نیازهای خود و همزمان با آن نگهداری منابع برای نسلهای آینده روبرو بوده است، در واقع هم‌اکنون مبارزه در این راه از هر زمان دیگری شدیدتر است. زیانهای محیطی فزاینده‌ای که براثر عملیات کشاورزی نوین به وجود آمده است مانند کم شدن درآمد، فرسودگی و تخریب سریع منابع خاک و آب و کمبود غذا در مناطقی از کشورهای در حال رشد، محور اصلی توجه ما را به کشاورزی پایدار تشکیل می‌دهند. خوشبختانه یکی از هدفهای اصلی سیاست برنامه‌ای دولت جمهوری اسلامی ایران نیز تأمین رشد و توسعه پایدار بخش کشاورزی با تأکید بر حفظ، احیاء و بهره‌برداری متعادل از منابع پایه (آب، خاک، پوشش گیاهی و ...) ذکر شده است (۳). کشاورزی پایدار و مسائل محیطی و اقتصادی ـ اجتماعی همراه آن یک موضوع جهانی است و به مطالعه و بررسی همه‌جانبه نیازمند است. در حالی که موضوع جالب و جاذبی به نظر می‌آید تشخیص نقطه شروع در مسأله پیچیده کشاورزی پایدار چندان ساده نیست، با این حال به نظر می‌رسد که بهبود کیفیت خاک و فرایندهای حیات‌بخش آن می‌تواند آغازی مناسب باشد.

علی‌رغم تقاضای فزاینده برای زمینهای مرغوب کشاورزی، منابع خاکی کره‌زمین محدود و تجدید نشدنی است. هم‌اکنون حدود ۱/۵ میلیارد هکتار از زمینهای دنیا زیرکشت است. بیشتر زمینهای

بالقوه قابل کشت برای کاربردهای کشاورزی به دلیل عدم دسترسی، شیب زیاد، عمق کم، کم‌آبی یا آب اضافی، نامرغوب به شمارمی‌روند. مساحت سرانه زمین قابل کشت در سال ۱۹۸۶ میلادی ۰/۳ هکتار بوده است. این مقدار تا سال ۲۰۰۰ تدریجاً به ۰/۲۳ هکتار کاهش می‌یابد و در سال ۲۰۵۰ به ۰/۱۵ هکتار می‌رسد و تا سال ۲۱۰۰ که پیش‌بینی می‌شود جمعیت پایدار گردد (شکل شماره ۱)، مساحت سرانه زمین ۰/۱۴ هکتار خواهد بود (۸). برآورد می‌شود که حداقل مساحت سرانه زمین موردنیاز در شرایط متعادل و مطلوب ۰/۵ هکتار باشد. پرسشی که مطرح می‌شود این است که آیا تکنولوژی کشاورزی می‌تواند تولید نیازهای اصلی یا تغییر سرانه ۰/۲۵ به ۰/۱۵ هکتار را برآورده سازد؟

افزایش جمعیت به بیش از ۶/۷ میلیارد نفر در پایان قرن حاضر، موجب خواهد شد که برای تولید غذا و پوشاک فشار زیادی به منابع خاک وارد شود. موضوعهایی مانند کیفیت و سلامت غذا، اقتصاد مزرعه، تهی شدن آبخوانها، آلودگی آبهای سطحی، آبشویی آلاینده‌ها به آبهای زیرزمینی و فرسودگی ممتد خاک از جمله دشواریهای اساسی به شمار می‌روند که کشاورزی دنیا امروزه با آن روبرو است.



شکل شماره ۱: رشد سریع جمعیت همراه با مصرف انرژی فسیلی

برآورد جمعیت جهان (ـ) از سال ۱۶۰۰ تا ۱۹۸۷ و پیش‌بینی آن (ـ ـ) تا سال ۲۳۰۰. برآورد مصرف انرژی فسیلی (ـ) از سال ۱۶۵۰ تا ۱۹۸۷ و پیش‌بینی آن (ـ ـ) تا سال ۲۳۰۰.

فرسودگی خاک ـ حقیقت آشکار

زمینهای قابل کشت به وسیلهٔ فرایندهای متعدد فرسودگی و تخریب مانند فرسایش (آب، باد)، شور و سدیمی شدن، بی‌هوازی شدن، فشردگی، کاهش ماده آلی و عدم توازن عنصرهای غذایی پیوسته رو به نابودی است. سرعت کنونی تخریب و فرسودگی خاک در دنیا ۵ تا ۷ میلیون هکتار در سال برآورد می‌شود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۰۰ به ۱۰ میلیون هکتار برسد. براین اساس تخمین زده می‌شود که براثر فرسودگی محیطی به ویژه فرسایش خاک سالانه دنیا ۱۴ بیلیون تن محصول را از دست می‌دهد. فرسایش طبیعی خاکها در مقیاس جهانی ۹/۹ بیلیون تن خاک در سال است. اما فرسایشی که به وسیله انسان شتاب می‌گیرد ۲/۵ برابر بیشتر از این مقدار است (۲ و ۸).

افزوده بر پیامدهای مستقیم اقتصادی که به کاهش باروری مربوط می‌شود، فرسودگی خاک دارای پیامدهای شدید محیطی نیز هست. با این وجود به این پیامدها توجه و تاکید شایسته نشده و لذا درستی عملیات تولید کشاورزی را مورد سؤال قرار می‌دهد. برای مثال، بازیافت کود ازت حداکثر ۵۰ تا ۶۰ درصد ولی اغلب کمتر از این مقدار است به گونه‌ای که بازیافت حدود ۱۵ درصد نیز گزارش شده است (۵).

کود بازیافت نشده همراه با سموم آفت‌کش اغلب به منابع آبهای زیرزمینی نفوذ می‌کند یا همراه با رواناب به آبهای سطحی منتقل می‌شود. کاربرد کود و سم در کشورهای جهان سوم سریعاً رو به افزایش است. برآورد می‌شود که ۲۵ درصد بازار سموم را کشورهای در حال توسعه تشکیل می‌دهند که تا سال ۲۰۰۰ دو برابر می‌شود. علی‌رغم تقاضای زیاد تلاش زیادی برای ایجاد سیاستها و مقررات مؤثر به منظور تنظیم و کنترل این گونه موارد صورت نگرفته است. از این رو خطر آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی به وسیله کودها و سموم محلول زیاد است. منابع آب آشامیدنی آلوده در کشورهای جهان سوم خطر جدی برای سلامت بخش عمده‌ای از جمعیت ایجاد کرده است.

نیترات‌زدایی نیز فزایندی زیستی است که به وسیله آن NO_3 به گازهای N_2O و N_2 تبدیل می‌شود و به اتمسفر باز می‌گردد. در حالی که N_2 گاز بی‌اثری است و خطری برای محیط ایجاد نمی‌کند، N_2O یکی از گازهای گلخانه‌ای است که در از بین بردن لایهٔ ازن نقش دارد. نیترات‌زدایی به عواملی مانند فراهمی C، ماده اوّلیه (NO_3 و NO_2)، PH، پتانسیل ردوکس و حضور موجودات نیترات‌زدا در جمعیت میکروبی خاک وابسته است (۹).

هدف کشاورزی در بیشتر طول قرن بیستم تولید زیادتر در واحد سطح بوده است. در سالهای پایانی این قرن به ویژه دهه ۱۹۸۰ این روند به حداکثر درآمد در واحد سطح تغییر پیدا کرد. گرچه در

حقیقت این موضوع با تولید بیشتر وابسته می‌باشد، اما به اندازهٔ کافی روی جریانهای انرژی و ماده درون سیستمهای تولید کشاورزی توجه نشده است. بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ باعث شد که به جریان انرژی در کشاورزی توجه شود. اما ضرورت این موضوع در دهه ۱۹۸۰ از میان رفت. مصرف زیاد انرژی در کشاورزی از نگرانیهای عمده اقتصادی و محیطی به شمار می‌رود. کشاورزی نوین انرژی زیادی می‌طلبد. انرژی لازم برای تولید ذرت در یک هکتار ۷ میلیون کیلوکالری برآورد شده است. از کل مقدار انرژی که در تولید مصرف می‌شود ۳۰ تا ۳۸ درصد برای کود، ۱۵ تا ۱۷ درصد به منظور خشک کردن محصول، ۱۰ تا ۱۵ درصد عملیات صحرایی، ۷ تا ۱۳ درصد برای آبیاری و ۱۵ تا ۲۰ درصد برای سایر عملیات محاسبه شده است (۸). بیشتر این انرژی که در کشاورزی مصرف می‌شود از منابع سوخت فسیلی غیرقابل تجدید به دست می‌آید. گرچه بیشتر این گونه سیستمهای تولید باروری زیادی دارند، اما بازده آنها از لحاظ ترمودینامیکی در کمترین مقدار خود است.

گرچه پژوهشگران خطر گرم شدن کره زمین را به سبب سوختهای فسیلی تشخیص داده‌اند اما تأثیر دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای (متان، مونوکسیدکربن، اکسید ازت) که از فرایندهای مربوط به خاک خارج می‌شوند تاکنون نادیده گرفته شده است (۹). بیشتر خاکهایی که در نواحی حاره‌ای وجود دارند (اکسی‌سولها، آلتی‌سولها، آلفی‌سولها، اریدی‌سولها، اینسپتی‌سولها، مالی‌سولها) مساحتی حدود ۴/۲ میلیارد هکتار را می‌پوشانند. میانگین مقادیر کربن آلی در سطح این خاکها ۱/۴۵ درصد می‌باشد. اگر سالانه تنها ۱ درصد این کربن به وسیله فعالیت انسان، معدنی شود ۱۲۸ میلیارد تن کربن به اتمسفر باز می‌گردد. این مقدار معادل ۳۲۵ میلیون تن کربن حاصل از سوخت فسیلی و ۱۶۵۹ میلیون تن کربن از پدیده جنگل‌زدایی است (۸). از سوی دیگر با بکار گرفتن سیستمهای مدیریت خاک و آب همان مقدار کربن می‌تواند به خاک وارد شود.

علی‌رغم بی‌اطمینانی که در مورد برآوردهای بالا موجود است اقدامهای سریع برای این دشواریها به وسیله جوامع بین‌المللی ضروری به نظر می‌رسد. سیستمهای مدیریت خاک و آب باید به گونه‌ای توسعه یابند که افزون بر اینکه خاک را از فرسودگی بیشتر باز می‌دارند باروری زمینهای فرسوده را تقویت نمایند.

کشاورزی مکانیزه‌ای که براساس سوخت فسیلی استوار است با مسائل جدی اقتصادی و محیطی روبرو است. از این رو، آگاهی فزاینده‌ای دربارهٔ ضرورت ایجاد سیستمهای کشاورزی دیده می‌شود که براساس استفاده کمتر از داده‌های برون مزرعه‌ای و مدیریت مطلوب منابع خاک و آب بنا شده باشند. سودآوری سیستمهای جدید باید با باروری خاک و کیفیت محیط مرتبط شود.

دیدگاههای آینده

الف ـ نیازهای پژوهشی

باید پذیرفت که سرمایه‌گذاریهای مناسبی برای پژوهشهای کاربردی روی مدیریت خاک و نگهداری باروری زمینهای کشاورزی صورت نگرفته است. نداشتن پشتیبانی کافی برای پژوهش در زمینهٔ مدیریت خاک و کشاورزی پایدار تا حدودی به این دلیل است که ما به اندازه کافی نتوانسته‌ایم برون داده‌های پژوهشی را در سطح مزرعه تأیید کنیم و پذیرش آن را برای کشاورزان بررسی و تعیین نماییم. حتی موقعی که نتایج کاربردی خوبی از سیستمهای پژوهش کشاورزی به دست می‌آید سیستمهای ترویج ممکن است نتوانند آنها را به کشاورزان انتقال دهند. در حقیقت بانک جهانی با دادن وام برای پروژه‌های ترویجی به کشورهای در حال توسعه عموماً نتایج ناامید کننده‌ای گرفته است.

جامعه‌های علمی باید در صدد ایجاد فن‌آوریهایی باشند که، الف) در جهت کم کردن داده و حداکثر کردن بازده اقتصادی باشد. ب) فرسودگی خاک را کاهش دهد. ج) خطر آلودگی آبها و محیط را کاهش دهد. د) باروری زمینهای فرسوده را تقویت کند. ه) گنجایش باروری زمینهای موجود را حفظ کند. دو زمینه مهم پژوهشی که برای کشاورزی پایدار کشورهای در حال توسعه اهمیت زیادی دارد عبارتند از:

۱ـ تولید بقولات و علوفه به منظور تغذیه دام در زمینهای قابل کشت و نواحی مرتعی.

۲ـ کشت گونه‌های درختی به منظور تأمین مواد سوختی، کشت راهرویی[1]، تغذیه دام، بادشکن، مصارف خانگی و غیره.

در بسیاری از این کشورها داده‌های اقتصادی مطمئن که بتواند بازده سرمایه و نیروی کار و منابع را برای تولید مواد چوبی برای سوخت، مالچ یا هدفهای دیگر ارزیابی کند وجود ندارد. همچنین اطلاعات مربوط به کشت بقولات و علوفه اختصاصاً برای دام بسیار نادر و پراکنده است. در بیشتر کشورهای در حال توسعه، سهمی که دام در تولیدات کشاورزی دارد بین ۲۵ تا ۷۵ درصد است. اما در گزارشی که بانک جهانی برای نیروی پژوهشگر لازم در سال ۲۰۰۰ پیش‌بینی کرده است، عدم توازن به خوبی دیده می‌شود. براساس این پیش‌بینی نیروی لازم برای محصولات ویژه (به جز جنگل ۳۶/۶ درصد تعیین شده در حالی که نیاز به متخصص برای تولید دام تنها ۶/۴ درصد است. نیاز پیش‌بینی شده برای خاک‌شناسی ۵ درصد است و برای کارشناسان محصولات علوفه‌ای یا پژوهش روی گونه‌های درختی نیرویی در نظر نگرفته‌اند (۸).

1- Alley Cropping

حفاظت خاک محور اصلی برنامه‌های کشاورزی پایدار را تشکیل می‌دهد. از این رو هر نوع عملیاتی که به کاهش، فرسایش و تقویت حاصلخیزی خاک منجر شود باید گسترش یابد پس‌مانده‌های گیاهی که به خاک افزوده می‌شود از طریق اثر مناسبی که بر ویژگیهای خاک و فرایندهای مهم آن دارد به بهبود کیفیت خاک و باروری آن کمک می‌کند (شکل شماره ۲). در دنیا سالانه مقدار ۲۹۶۲ میلیون تن (مگاگرم) پس‌مانده گیاهی از ۲۰ محصول کشاورزی به دست می‌آید (جدول ۱ و ۲). بازگشت آن به خاک می‌تواند نقش به سزایی در افزایش کربن آلی، تأمین عنصرهای غذایی و کاهش نیازهای کودی داشته باشد. مصرف جهانی کودهای شیمیایی ازت، فسفر و پتاسیم در سال ۱۹۹۱ میلادی معادل ۱۱۳ میلیون تن (مگاگرم) بوده است (جدول شماره ۳). در مقایسه، مقدار سه عنصر اصلی که در پس‌مانده گیاهی وجود دارد ۷۲ میلیون تن (یعنی ۶۵ درصد مصرف کود سالانه) در سال برآورد شده است. از این رو مشاهده می‌شود که با برگرداندن پس مانده‌های تولید شده به خاک صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف کودهای شیمیایی به عمل می‌آید. برعکس، هنگامی که پس‌مانده‌های گیاهی از زمینهای قابل کشت خارج شوند، ماده آلی کاهش می‌یابد، دمای خاک بالا رفته،سله بیشتر تشکیل می‌شود، رواناب و فرسایش شتاب می‌گیرد، یکنواختی نفوذ آب کمتر می‌شود، فعالیت زیستی (بویژه کرمهای خاکی) در خاک کاهش می‌یابد و به فشردگی خاک می‌انجامد. از این رو به روشنی دیده می‌شود که فرسودگی خاک و آسیبهای محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر مشهود است.

بهره‌برداری صحیح از پس‌مانده گیاهی از دیدگاه حفاظت خاک و آب نیز دارای اهمیت است. افزایش حدود ۲/۵ تن پس‌مانده گیاهی (به صورت مالچ) در هکتار تلفات خاک را می‌تواند تا مقدار ۶۰ درصد کاهش دهد (۵). با این شیوه حفاظت آب هم که بویژه در دیمکاری مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای اهمیت است تأمین می‌گردد. هرچه مقدار پس‌مانده گیاهی که به خاک افزوده می‌شود بیشتر باشد آب بیشتری در ناحیه ریشه ذخیره می‌شود.

گیاهان پوششی نیز از اهمیت خاصی برخوردارند. پوشاندن سطح زمین با گیاه باعث می‌شود که ساختمان خاک از متلاشی شدن به وسیله جریان آب یا برخورد قطره‌های باران حفظ شود. ریشه گیاهان پوششی به تشکیل خاکدانه کمک می‌کند و تجزیه باقیمانده گیاهی نیز در نگهداری ساختمان خاک مؤثر است. مالچ سطحی و مالچ عمودی یا شکافی نیز شیوه‌ای مؤثر برای بهبود نفوذ آب به شمار می‌رود.

رفتار اکوسیستم عمدةً به وسیله فعالیتهای میکروبی خاک اداره می‌شود. پژوهشهای زیادی به منظور کمی کردن رابطه‌های سودمند میان تنوع زیستی، کیفیت خاک و گیاه و پایداری اکوسیستم صورت نگرفته است. در این راستا پژوهشهایی در زمینه نقش عاملهای زیستی بویژه قارچهای میکوریز

در تقویت ساختمان خاک وافزایش رشد و عملکرد بیشتر گیاهان از طریق افزایش قدرت جذب، مقاومت به خشکی و شوری و افزایش مقاومت گیاه به عاملهای بیماری‌زا ضروری به نظر می‌رسد (۴). در حقیقت همه این فعالیتها در طبیعت رخ می‌دهد. مشکل اساسی این است که در کشاورزی نوین چگونه می‌توان از این فعالیتها بهره‌برداری نمود.

افزون بر این زمینه‌های دیگری که در رابطه با مدیریت پایدار خاک به بررسی و مطالعه بیشتر نیاز دارد کاربرد کود سبز، کمپوست و کودآلی می‌باشد.

جدول شماره ۱: تولید غله و پس‌مانده گیاهی دنیا در سال ۱۹۹۱ (محاسبه شده از فائو، ۱۹۹۱)

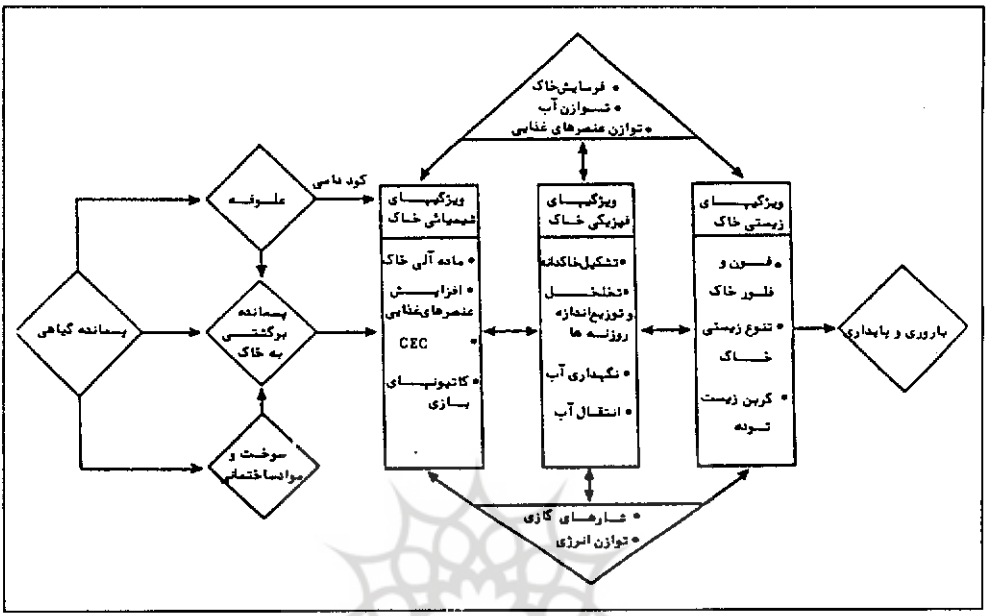
محصول	مساحت 10^6ha	تولید دانه 10^6Mg	برآورد تولید پس‌مانده 10^6Mg	محصول	مساحت 10^6ha	تولید دانه 10^6Mg	برآورد تولید پس‌مانده 10^6Mg
غلات				**لگیومها**			
جو	۷۶	۱۶۹	۲۵۳/۵	لوبیا	۲۶	۱۸	۱۸/۰
ذرت	۱۲۹	۴۷۹	۴۷۹/۰	باقلا	۳	۵	۵/۰
ارزن	۳۷	۲۹	۴۳/۵	نخود	۸	۱۱	۱۱/۰
یولاف	۲۱	۳۴	۳۴/۰	بادام‌زمینی	۲۰	۲۳	۲۳/۰
برنج	۱۴۸	۵۲۰	۷۸۰/۰	عدس	۳	۲	۲/۰
چاودار	۱۴	۲۷	۴۰/۵	نخودفرنگی	۹	۱۶	۱۶/۰
سورگوم	۴۵	۵۸	۸۷/۰	حبوبات	۷۰	۶۰	۶۰/۰
گندم	۲۲۴	۵۵۱	۸۲۶/۵	سویا	۵۵	۱۰۳	۱۰۳/۰
سایرین	۱۰	۱۸	۱۸/۰				
جمع	۷۰۴	۱۸۸۴	۲۵۶۲/۰	جمع	۱۹۴	۲۳۸	۲۳۸/۰
گیاهان روغنی				**گیاهان روغنی**			
بزرک	۴	۳	۳/۰	کنجد	۷	۲	۴/۰
کلزا	۲۰	۲۷	۴۰/۵	آفتابگردان	۱۷	۲۳	۲۳/۰
گلرنگ	۱	۱	۱/۰	جمع	۸۷	۱۱۶	۱۱۶/۵
پنبه‌دانه	۳۸	۶۰	۹۰/۰	جمع کل	۹۸۵	۲۲۳۸	۲۹۶۱/۵

جدول شماره ۲: عملکرد کل دانه و پس‌مانده گیاهی برای غلات و گیاهان ریشه‌ای و قندی (فائو، ۱۹۹۱).

ناحیه	مساحت 10^6ha	تولیددانه 10^6Mg	برآورد تولید 10^6Mg کاه	ناحیه	مساحت 10^6ha	تولیددانه 10^6Mg	برآورد تولید 10^6Mg کاه
همه غلات				**سویا**			
کشورهای پیشرفته	۲۷۶	۸۴۲	۱۰۵۲/۵	کشورهای پیشرفته	۲۶	۵۶	۵۶
شوروی سابق	۱۰۴	۱۶۵	۲۰۶/۳	شوروی سابق	۰/۸	۰/۸	۰/۸
کشورهای درحال توسعه	۴۲۸	۱۰۴۲	۱۳۰۲/۵	کشورهای درحال توسعه	۲۹	۴۴	۴۴
جمع جهانی	۷۰۴	۱۸۸۴	۲۵۶۱/۳	جمع جهانی	۵۵	۱۰۳	۱۰۰/۸
گیاهان قندی (نیشکر، چغندرقند)				**بادام‌زمینی**			
				کشورهای پیشرفته	۱	۲	۲
کشورهای پیشرفته	۸	۳۲۷	۸۱/۸	شوروی سابق	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
شوروی سابق	۳	۷۹	۱۹/۸	کشورهای درحال توسعه	۱۹	۲۱	۲۱
کشورهای درحال توسعه	۱۸	۱۰/۶۱	۲۶۵/۳				
جمع جهانی	۲۶	۱۳۸۸	۳۶۶/۹	جمع جهانی	۲۰	۲۳	۲۳
گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای				**سایر دانه‌های روغنی**			
کشورهای پیشرفته	۱۱	۱۸۱	۴۵/۳	کشورهای پیشرفته	۳۲/۰	۵۰	۷۵
شوروی سابق	۶	--	۱۶/۳	شوروی سابق	۱۱	۱۴	۲۱
کشورهای درحال توسعه	۳۶	۳۹۴	۹۸/۵	کشورهای درحال توسعه	۵۴/۵	۵۷	۸۵/۵
جمع جهانی	۴۷	۵۷۵	۱۶۰/۱	جمع جهانی	۸۶/۵	۱۱۷	۱۸۱/۵
حبوبات				جمع کل	۱۰۰۹	۴۱۵۰	۳۴۶۱/۶
کشورهای پیشرفته	۱۱	۲۰	۲۰	**کل پس‌مانده‌های تولیدشده**			
شوروی سابق	۶	۸	۸	کشورهای پیشرفته	۳۶۵	۱۴۷۸	۱۶۰۴/۸
کشورهای درحال توسعه	۵۹	۴۰	۴۰	کشورهای درحال توسعه	۶۴۴	۲۶۵۹	۱۸۵۶/۸
جمع جهانی	۷۸	۶۸	۶۸	-	-	-	-

جدول شماره ۳: مصرف جهانی کود شیمیایی (فائو، ۱۹۹۱)

عنصرغذایی	جهان	ایالات متحده امریکا 10^6Mg	کشورهای درحال توسعه	کشورهای پیشرفته
N	۷۷	۱۰	۴۲	۳۵
P	۱۶	۲	۷	۹
K	۲۰	۴	۶	۱۴
جمع	۱۱۳	۱۶	۵۵	۵۸



شکل شماره ۲: وابستگی میان مدیریت پس‌مانده گیاهی، ویژگیهای خاک و فرایندهای خاک

ب ـ مدل اجرایی

عملیات مدیریت خاک در آینده باید بر پایه آگاهی از مفهوم اکوسیستم شکل بگیرد. سیستمهای تولید کشاورزی اکوسیستمهای اداره شده‌ای هستند که از دیدگاه ساختمان (ساختار گونه‌ای بیوماس و آرایش فضایی) و عمل با اکوسیستمهای طبیعی تفاوت چشمگیری دارند. گرچه به عنوان یک اکوسیستم، عمل اکوسیستمهای کشاورزی تابع همان قوانین فیزیکی و بیولوژیکی سایر اکوسیستمهاست. از این رو، وارد کردن اصلهای اکولوژیکی موجود در اکوسیستمهای طبیعی به اکوسیستمهای کشاورزی عامل کلیدی برای توسعه سیستمهای مدیریتی آینده خواهد بود.

نمونه‌های زیادی از مفاهیم درست و منطقی اکولوژیکی و شیوه‌های کشت وجود دارد که می‌توان آنها را در تولید کشاورزی آینده به کار گرفت. اصل اداره خاک در آینده باید براساس فضا و زمان باشد. در این قالب سه اصل مدیریتی ویژه پیشنهاد می‌گردد که عبارتند از: ۱ـ کشاورزی بر اساس وضعیت خاک‌نما[2]، ۲ـ مدیریت ناحیه‌ای درون مزرعه، ۳ـ اداره زمین بدون کشت.

2- Soilscape

کشاورزی براساس وضعیت خاک

کشاورزی براساس خاک پدیده‌ای است که بر پایه آن عملیات مدیریتی با ویژگیهای خاک و زمین‌نما[3] هماهنگ می‌شود. کشاورزان معمولاً در مزرعه‌هایی کار می‌کنند که در آن باروری ذاتی خاک و حساسیت آن به جریانهای نامطلوب ماده (فرسایش، آبشویی تلفات گازی) متفاوت است. کشاورزان اغلب یک سری عملیات مدیریتی را به کار می‌برند که برای خاکهای بهتر طراحی شده‌اند. نتیجه آن برای مثال ممکن است ورود مقدار نامناسب مواد شیمیایی به زمین و یا مهار ناکافی فرسایش باشد. هنگامی که عملیات مدیریتی براساس هر خاک جداگانه اعمال شود، نتیجه نهایی بهبود کارآیی جریانهای انرژی و ماده خواهدبود. این موضوع به نوبه خود با افزایش سودآوری برای کشاورز و کاهش تخریب خاک و محیط می‌انجامد.

مدیریت ناحیه‌ای درون مزرعه

برای اداره خاک در فضا و زمان به منظور بهبود کارآیی جریانهای انرژی و ماده ضروری به نظر می‌رسد که کشاورزان درون مزرعه مناطق مدیریتی ایجاد کنند. دو مثال خوب از این اصل را می‌توان مدیریت ردیفها ـ میان ردیفهای[4] کشت و کشت راهرویی نام برد.

در حالت اوّل، ردیفها به گونه‌ای اداره می‌شوند که ساختمان خوبی از خاک برای جوانه زدن، سبز شدن گیاه و رشد ریشه فراهم کند. همچنین دما، رطوبت، کود و کنترل علفهای هرز برای رشد و توسعه محصول تأمین گردد. مدیریت میان ردیفها به گونه‌ای انجام می‌شود که نفوذ آب به بیشترین مقدار برسد، فرسایش کنترل شود و آفات را به حداقل برساند. اداره منطقه میان ردیفها به گونه‌ای است که سطح زبری را برای بیشترین مقدار نفوذ آب فراهم می‌کند و بذر علفهای هرز را از جوانه‌زدن باز می‌دارد و برای رفت‌وآمد ماشین‌آلات محکم است. این منطقه را می‌توان به کشت گیاهان پوششی اختصاص داد تا ازت را در خود انباشته، بر علفهای هرز چیره شود و حشرات مفید راگسترش دهد و از نیترات باقیمانده خاک استفاده کند.

بالاخره برتری این شیوه مدیریتی آن است که حاصلخیزی خاک به منظور کاهش آبشویی و رشد علفهای هرز پایین نگه داشته شود. نمونه‌هایی از این روش کاربرد نواری علف‌کش، کاربرد تمرکزی کودشیمیایی به جای روش پخشی، کشت میان ردیفی، وجود گیاه پوششی یا تله در مناطق بین ردیفها و محدود شدن رفت و آمد چرخها در مناطق خاص بین ردیفهاست. خاک‌ورزی پشته‌ای[5] سیستمی از این نوع مدیریت خاک است.

3- Landscape 4- Row - Interrow management 5- Ridge tillage

کشت راهرویی

سیستمی است که امکان رشد گونه‌های مختلف و بخصوص بقولات را با گیاهان دیگر به نحوی فراهم می‌کند که در حالی که تولید مناسبی به دست می‌آید منابع پایه‌ای خاک حفظ شده و آسیبهای محیطی به حداقل می‌رسد. در کشورهای افریقایی سیستم کشت راهرویی شامل تناوبهایی از گیاهان است که در ردیفهای بین بوته‌ها و درختهایی از خانواده پروانه‌آسا رشد می‌کنند. بوته‌های مذکور متناوباً هرس می‌شوند تا مالچ و یا هیزم موردنیاز را تأمین‌کنند و در ضمن تأثیر سایه‌اندازی آنها را روی گیاهان اصلی کاهش‌دهد (۸).

مدیریت خاک در زمان بدون کشت (آیش)

در بسیاری از نقاط دنیا در دورهٔ معینی از سال که مساعدترین زمان برای تولید محصول به شمار می‌رود مدیریت فشرده‌ای روی خاکها اعمال می‌شود. خارج از این دوره کار زیادی برای مدیریت خاک صورت نمی‌گیرد. مشکل اینجاست که فرایندهای اصلی تخریب مانند فرسایش، آبشویی و فشردگی اغلب در دوره بدون کشت بیشترین شدت را دارد. دوره بدون کشت اغلب از مهر تا فروردین ادامه دارد و آن گونه که پژوهشها نشان می‌دهند اکثر نفوذ و تلفات نیترات در این دوره رخ می‌دهد.

یکی از عوامل کلیدی برای پایداری خاک درآینده مدیریت دوره آیش خواهد بود تا جریانهای نامطلوب ماده را در اکوسیستمهای کشاورزی به حداقل برساند. تاکنون هیچ تلاش خاصی در این مورد به عمل نیامده است. اصل عملی اکولوژیکی ایجاب می‌کند که از دوره بدون کشت برای افزایش تنوع و پیچیدگی اکوسیستمهای کشاورزی استفاده شود و از این راه به پایداری آن افزوده گردد. برای مثال، کاشت گیاهان پوششی نقش اکولوژیکی مهمی را ایفاء می‌کند که از آن جمله می‌توان کنترل فرسایش، کاهش آفات و تغییر چرخهٔ آنها و تثبیت و بازیافت عناصر را نام برد. گیاهان پوششی را می‌توان سازگار با گیاه اصلی به گونه‌ای گزینش یا اصلاح نمود که به عنوان میزبان برای موجوداتی عمل کنند که از نظر کنترل بیولوژیکی آفات دارای اهمیت‌اند.

بطور خلاصه پایداری سیستم کنونی کشاورزی به سه دلیل زیر مورد سؤال است:

۱ـ به انرژی فسیلی وابسته است که پایدار نمی‌باشد.

۲ـ فرسایش شدید خاک پایداری آن را محدود می‌سازد.

۳ـ ثبات اقتصادی سیستمهای کشاورزی کنونی مطمئن نیستند.

نقش ما به عنوان خاک‌شناس این است که: ۱) پتانسیلهای منابع خاکی متعدد و محیط آنها را بطور واقعی ارزیابی کنیم. ۲) پژوهشهای کاربردی ویژهٔ هر منطقه را به منظور ارزیابی تأثیر فن‌آوری روی منابع زمینی و نقشی را که می‌توان در توسعه انتقال فن‌آوری از طریق تأیید آن داشت انجام دهیم. ۳) با

دیگر پژوهشگران در تلاش برای چیره شدن بر محدودیتهایی که عامل بازدارنده برای عملیاتی به شمار می‌روند که به پایداری می‌انجامد همکاری کنیم. ۴) ویژگیهای کاملتر منابع خاک را که برای کشاورزی مناسبند از طریق پژوهش گردآوری کنیم. البته هرگونه موفقیت در زمینهٔ فرسودگی زمین و محیط، ریشه در مسائل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی نیز دارد. بنابراین هرگونه اقدامی در جهت حل دشواریهای فرسودگی خاک باید از مرز سیستم غذا و کشاورزی فراتر رود.

منابع و مآخذ

۱ـ پذیرا، ابراهیم، معضل گرایش کیفیت منابع فیزیکی (آب و خاک) به شوری و آثار مخرب آن بر فعالیتهای کشاورزی، مجموعه مقالات اوّلین کنگرهٔ برنامه‌ریزی و سیاستگذاری امور زیربنایی (آب و خاک) در بخش کشاورزی، وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۳۷۳.

۲ـ شبابی طبری، حسن، استفاده بهینه از منابع آب و خاک یک ضرورت ملّی برای توسعه کشاورزی پایدار، مجموعه مقالات، اوّلین کنگره برنامه‌ریزی و سیاستگذاری امور زیربنایی (آب و خاک) در بخش کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۳۷۳.

۳ـ کشاورزی ایران در یک نگاه، معاونت طرح و برنامه وزارت کشاورزی، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۷۳.

4- Bethlenfalvay, G. J. and Linderman, R. G,. ***Mycorrhizae in sustainable agriculture***, ASA Special Publication Number 54, 1992.

5- Chen, Y. and Avnimelech, Y,. ***The role of organic matter in modern agriculture***, Martinus Nijhoff Publishers, 1986.

6- Kennedy, A. C., and Smith, K. L,. ***Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils***. Plant and soil, 170:75 - 86, 1995.

7- Lal, R. and Pierce, F. J,. ***Soil management for sustainability***. Soil and Water Conservation Society.

8- Lal. R. ***The role of residues managment in sustainable agricultural systems***. Jounal of Sustainable Agriculture, vol. 5 (4). 51-77, 1995.

9- Pennock, D. J. C. van Kessel, R. E. Farrell, and R. A. Sutherland. ***Landscape - Scale Variations in Denitrification***. Soil Sci. Soc Am. J. 56:770-776, 1992.