فصلنامه مدیریت و حقوق محیط زیست ۲(۳): پاییز ۱۴۰۳: ۹۳-۷۸
Journal of Environmental management and law, Vol.2, Issue 3, 27-42

Journal of Environmental Management and Law
فصلنامه مدیریت و حقوق محیط زیست
https://sanad.iau.ir/en/Journal/jeml

The Impact of Government Policies on the Use of Clean Technology for Sustainable Soil Management (Case Study: Agricultural Research and Education Center of Ahvaz)

Omid Jalili Qasem Agha[1]

[1] *Department of Public Administration, Payame Noor University, Tehran, Iran*

**Corresponding Author: jalili@pnu.ac.ir*

Original Paper

Received: 2024.06.05
Accepted: 2024.12.29

Keywords:
Government policies, clean technologies, sustainable soil management, Ahvaz Agricultural Research and Education Center.

Abstract

Preserving the environmental performance of soil is one of the most critical challenges of sustainable development, influenced by government policies and the adoption level of clean technologies in soil pollution management. This study was conducted in 2024 to investigate the impact of government policies (including government incentives, laws and regulations, financial and tax support, and governmental monitoring of soil environmental performance) on the use of clean technologies for sustainable soil preservation and management. The statistical population consisted of managers, environmental experts, and technical officers of the Ahvaz Agricultural Research and Education Center, totaling 186 individuals. Based on stratified random sampling, the sample size was determined to be 126 using the Cochran formula. The research tool was a researcher-designed questionnaire, and the collected data were analyzed using SPSS 2022 software. Initially, univariate descriptive analysis was performed, utilizing central tendency measures such as mode, median, mean, and standard deviation. A multi-point Likert scale was used for scoring the criteria. For bivariate analysis, Spearman's correlation test and multiple regression analysis were employed. Additionally, for multivariate analysis, regression analysis using the ENTER method was applied. In generalizing the results to the statistical population, a significance level of less than 0.05 was considered. The results of the multiple regression analysis indicated that the highest significant correlation was between the variable of financial and tax support for sustainable soil preservation and management and clean technology (0.940). The variables of government laws and regulations (0.780), government incentives (0.719), and governmental supervision and monitoring of soil environmental performance (0.813) also showed significant effects on clean technology adoption. Therefore, the use of innovative and clean technologies for the remediation of contaminated soils, along with the implementation of prudent government policies, should be prioritized to reduce pressure on this valuable resource.

Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the

تأثیر سیاست‌های دولتی بر استفاده از فناوری پاک در مدیریت پایدار خاک (مطالعه موردی: مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز)

امید جلیلی قاسم آقا[1]*

1-گروه مدیریت دولتی، دانشگاه پیام نورتهران، ایران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: jalili@pnu.ac.ir

نوع مقاله:

علمی-پژوهشی

تاریخچه مقاله:

ارسال: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۹

کلمات کلیدی:

سیاست‌های دولتی، فناوری‌های پاک، مدیریت پایدار خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز.

چکیده

حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پایدار است که تحت تأثیر سیاست‌های دولتی و میزان پذیرش فناوری‌های پاک در مدیریت آلودگی خاک قرار دارد. این پژوهش با هدف تأثیر سیاست‌های دولتی (مشوق‌های دولتی، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی و پایش دولتی حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک) بر استفاده از فناوری‌های پاک در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک در سال ۱۴۰۳ انجام شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل مدیران، کارشناسان محیط‌زیست و مسئولان فنی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز بوده است که شامل ۱۸۶ نفر و بر اساس روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۲۶ نفر تعیین گردید. ابزار پژوهش شامل پرسشنامه محقق ساخته بوده و داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 2022 تحلیل شدند. در ابتدا توصیف و تحلیل تک متغیره انجام شد و از شاخص‌های مرکزی نما، میانه، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. از طیف چند نقطه‌ای لیکرت برای نمره‌دهی به معیارها استفاده شد. سپس برای تحلیل دو متغیره از آزمون‌های آماری همبستگی اسپیرمن و آزمون رگرسیون چندگانه بهره‌گیری شد. همچنین برای تحلیل چند متغیری از تحلیل رگرسیون به روش ENTER استفاده شد. در تعمیم نتایج به جمعیت آماری، سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون چندگانه نشان داد که بیشترین همبستگی معنادار، بین متغیر حمایت مالی و مالیاتی در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک و فناوری پاک است (۰/۹۴۰). متغیر قوانین و مقررات دولتی (۰/۷۸۰)، مشوق‌های دولتی (۰/۷۱۹) و نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک(۰/۸۱۳) نیز اثر معناداری را بر فناوری پاک نشان داد. بنابراین استفاده از فناوری‌های نوین و پاک برای احیای خاک‌های آلوده گرفته و بهره‌گیری از سیاست‌های دولتی هوشمندانه، همه در راستای کاهش فشار بر این منبع ارزشمند باید مدنظر قرار گیرد.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تخریب منابع طبیعی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی جهان تبدیل شده است. میان این منابع، خاک به عنوان بنیادی‌ترین عنصر برای بقا و توسعه انسان‌ها و اکوسیستم‌ها، جایگاه ویژه‌ای دارد. این منبع حیاتی نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی، حفظ تنوع زیستی و ذخیره‌سازی کربن ایفا می‌کند (Meena et al., 2023; Cai et al., 2025). با این وجود، روند رو به رشد فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی ناپایدار، تغییرات کاربری زمین و توسعه شهری، فشارهای شدیدی بر خاک وارد کرده و منجر به آلودگی، فرسایش و کاهش کیفیت آن شده است. این وضعیت، نه تنها بر اکوسیستم‌ها، بلکه بر توسعه اقتصادی و رفاه جوامع انسانی تأثیرات گسترده‌ای دارد (Thorsøe et al., 2023; Obobisa & Ahakwa, 2024).

یکی از راهکارهای مؤثر برای مقابله با این چالش، استفاده از فناوری‌های پاک است. این فناوری‌ها شامل فرآیندها، تجهیزات و روش‌هایی هستند که تأثیرات منفی بر محیط‌زیست را به حداقل می‌رسانند و هم‌زمان بهره‌وری منابع را به حداکثر می‌رسانند. در مدیریت خاک، فناوری‌های پاک می‌توانند از آلودگی جلوگیری کنند، بهره‌وری زمین را افزایش دهند و حتی زمین‌های آلوده را بازیابی کنند (Bouma et al., 2022). به عنوان مثال، فناوری‌های زیستی که برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به کار می‌روند یا روش‌های کاهش آلاینده‌های صنعتی در خاک، می‌توانند تأثیرات مثبتی بر مدیریت این منبع ارزشمند داشته باشند.

با این حال، پیاده‌سازی فناوری‌های پاک در مدیریت خاک به دلایل متعددی با چالش مواجه است. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، هزینه بالای اولیه استفاده از این فناوری‌ها و نیاز به دانش فنی پیشرفته است. در این زمینه، سیاست‌های دولتی می‌توانند نقش کلیدی ایفا کنند (Hessel et al., 2022). سیاست‌های دولتی به عنوان ابزارهای اجرایی برای هدایت و تنظیم رفتارهای فردی و سازمانی، می‌توانند از طریق وضع قوانین، ارائه مشوق‌ها و تسهیلات مالی، سرمایه‌گذاری در تحقیقات و آموزش و ایجاد چارچوب‌های نظارتی، نقش مؤثری در ترویج استفاده از فناوری‌های پاک داشته باشند (Heuser, 2022).

از سوی دیگر، تجربه‌های جهانی نشان داده‌اند که سیاست‌های دولتی همیشه به نتایج مطلوب منجر نمی‌شوند. در بسیاری از موارد، سیاست‌ها به دلیل عدم هماهنگی با شرایط محلی، نبود زیرساخت‌های اجرایی، یا ضعف در نظارت و پیاده‌سازی، ناکارآمد بوده و حتی ممکن است پیامدهای منفی ایجاد کنند. به عنوان مثال، سیاست‌های محیط‌زیستی سخت‌گیرانه ممکن است به جای تشویق صنایع به استفاده از فناوری‌های پاک، باعث انتقال آلودگی به مناطق دیگر شوند یا فشار مالی غیرقابل تحملی بر صنایع کوچک و متوسط وارد کنند (Ingram, J., & Mills, 2019; Shahzad et al, 2024).

در این میان، بررسی تأثیر سیاست‌های دولتی بر استفاده از فناوری‌های پاک در مدیریت خاک، به‌ویژه در کشورهایی که با چالش‌های محیط‌زیستی و اقتصادی گسترده مواجه هستند، اهمیتی دوچندان پیدا می‌کند (Ingram et al., 2022). ایران به عنوان کشوری با تنوع اقلیمی و زمین‌شناسی بالا، از یک سو با پتانسیل‌های فراوانی برای مدیریت پایدار منابع خاک مواجه است و از سوی دیگر، با چالش‌های متعددی از جمله آلودگی خاک به دلیل فعالیت‌های صنعتی، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و تخریب زمین‌های کشاورزی روبروست. در چنین شرایطی، سیاست‌های دولتی می‌توانند نقشی تعیین‌کننده در تغییر مسیر فعلی و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای استفاده از فناوری‌های پاک ایفا کنند (Rezaei et al., 2022).

در عین حال، چالش‌های زیادی بر سر راه سیاست‌گذاری های مؤثر در این حوزه وجود دارد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به ضعف در نظارت و اجرای قوانین، نبود هماهنگی میان دستگاه‌های مرتبط، کمبود منابع مالی و فنی و مقاومت صنایع در برابر تغییر اشاره کرد. علاوه بر این، کمبود آگاهی و آموزش در زمینه اهمیت استفاده از فناوری‌های پاک در مدیریت خاک نیز یکی دیگر از موانع مهم به شمار

می‌آید. مسئله اصلی در این پژوهش، تحلیل نقش و تأثیر سیاست‌های دولتی در تسهیل استفاده از فناوری‌های پاک برای مدیریت خاک است. این مسئله نیازمند بررسی چندین جنبه کلیدی است: آیا سیاست‌های فعلی دولت‌ها توانسته است به ترویج استفاده از این فناوری‌ها کمک کنند؟ چه عواملی به عنوان موانع یا تسهیل‌کننده در مسیر اجرای این سیاست‌ها عمل می‌کنند؟ و چگونه می‌توان سیاست‌های موجود را بهبود بخشید تا نتایج مطلوب‌تری حاصل شود؟

بررسی این موضوع نه تنها از منظر محیط‌زیست، بلکه از دیدگاه اقتصادی و اجتماعی نیز حائز اهمیت است. استفاده از فناوری‌های پاک می‌تواند هزینه‌های مرتبط با بازیابی خاک‌های آلوده را کاهش داده، بهره‌وری منابع را افزایش داده و به ایجاد اشتغال و توسعه فناوری‌های جدید کمک کند. از سوی دیگر، سیاست‌های دولتی که به درستی طراحی و اجرا شوند، می‌توانند زمینه را برای جلب مشارکت صنایع، جوامع محلی و نهادهای بین‌المللی فراهم کنند و به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک نمایند (Petrescu-Mag et al., 2020). تحقیقات اندکی در زمینه سیاست‌گذاری‌های دولتی در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک صورت گرفته است. تحقیقات انجام شده در ایران صرفا جنبه توصیفی داشته است. از جمله تحقیقات انجام شده می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

Deen (۲۰۲۳) در تحقیقی به واکاوی سیاست‌های دولت در حوزه مدیریت و حفاظت از منابع خاک در پرتو اسناد بالادستی جمهوری اسلامی ایران (با تاکید برقانون حفاظت از خاک، مصوب ۱۳۹۸/۳/۴) پرداخت. مطالعه و بررسی قوانین نشان داد که دولت رویکردی متفاوت نسبت به امر حفاظت و بهره‌برداری از خاک داشته است. نمود این مساله را به خوبی می‌توان در اشکال ساختاری متفاوت و گستره قوانین خاک و همچنین در تنوع سازوکارهای مورد استفاده در حفاظت و مدیریت خاک و استفاده از اراضی ملاحظه نمود. علت این امر از این نشات می‌گیرد که هنوز کارکرد و نقش اساسی خاک به طور مناسبی در قوانین نمود پیدا نکرده است. هنوز سند جامع و کلانی در بخش مدیریت و حفاظت خاک که راهنمای جامع در این بخش باشد وجود ندارد. در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی به منظور مدیریت و حفاظت خاک و تدوین راهبردها و قوانینی از جمله قانون حفاظت خاک مصوب ۱۳۹۸به منظور بهبود وضع کنترل و مدیریت خاک انجام شده ولی تاکنون عملی نشده و نتایج موثری در جهت حفاظت از خاک نداشته است. لذا مسئولان، مدیران و سیاستگذاران باید به مدیریت خاک و حفاظت خاک توجه بیشتر مبذول نمایند چرا تخریب خاک می‌تواند در آینده مشکلاتی از قبیل عدم امنیت غذایی و آب، کاهش تنوع زیستی، تغییرات آب و هوایی و سایر چالش‌های اقتصادی سیاسی و انسانی به همراه داشته باشد.

Parvanak و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به استفاده از فناوری‌های نوین در کنترل آلودگی خاک پرداختند. نتایج بررسی نشان داد، افزودن نانورس به خاک‌هایی که در اثر نفوذ شیرابه‌ها آلوده شده‌اند، می‌تواند ضمن کاهش نفوذپذیری مخلوط، موجب کاهش غلظت فلزات سنگین، جذب آلاینده‌ها و بهبود عملکرد محیط‌زیستی گردد. این نانو ذرات می‌توانند انواع آلاینده‌های آلی نظیر آلکان‌ها، آلکان‌های کلرینه، بنزین‌های کلرینه، رنگ‌های آلی، نیترو آروماتیک‌ها، بی فنیل پلی کلرینه و آنیون‌های غیرآلی نظیر نیترات‌ها که کمتر سمی هستند و خطر کمتری دارند احیا نماید. با بهره‌گیری از تکنیک زیست‌پالایی، تحرک آلاینده‌های فلزی کاهش یافته و از انتقال آن‌ها به داخل منابع آب‌زیرزمینی و یا اتمسفر جلوگیری به عمل می‌آید. از طرف دیگر، قابلیت جذب زیستی آلاینده‌های فلزی به منظور ورود به زنجیره‌های غذایی نیز کاهش خواهد یافت. بنابراین، استفاده نانوذرات و تکنیک زیست‌پالایی به عنوان دو فناوری نوین که نقش موثری در توسعه پایدار محیط‌زیست دارند، نسبت به سایر روش‌های جذبی، در حذف آلاینده‌ها از منابع خاک پیشنهاد می‌گردد.

Sayed Tabatabaei (۲۰۱۸) در تحقیقی به نقش زیست فناوری در کشاورزی و حفاظت از محیط زیست پرداخت. بنابر نتایج؛ با به نژادی یک صفت یا ژن خاص در زمان دستورزی، امکان تغییر صفت‌ها و ژن‌های دیگر وجود دارد، که پس از آن روند طولانی و هزینه بری نیاز است تا ناخالصی‌های ایجاد شده کاهش یابند. تلاش به منظور افزایش محصول‌ها بدون توجه به گیاهان بومی و به نژادی شده مقاوم، منجر به تخریب بوم نظام محیط می‌شود. افزون بر این، یکی از مسئله‌های اصلی در برخی جامعه‌ها، مربوط به مشکل‌های بهداشتی همچون کمبود برخی ویتامین‌ها است که می‌تواند از طریق استفاده از فناوری‌های نوین زیستی رفع گردد. با پیشرفت روش‌های زیست‌فناوری محدودیت‌های به نژادی ژنوم کاهش می‌یابد و امکان ویرایش در بخش خاصی از آن هم مهیا می‌گردد که تأثیر بر بوم نظام

ژنوم را به کمینه و بهره‌مندی را به بیشینه می‌رساند. Khajavi (۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی مسائل و مشکلات سیاست‌گذاری آب، خاک و امنیت غذایی در ایران پرداخت. نتیجه تحقیق وی نشان داد سیاست‌های بالادستی حاکم بر سیاست‌های آبی و خاکی کشور نقش مستقیمی بر شیوه بهره‌گیری از این منابع می‌گذارند. این امر می‌تواند ما را نسبت به یک دستور کار سیاستی علمی راهنما باشد، دستور کاری که ما را به سمت برنامه‌هایی سوق می‌دهد که مبتنی بر ایجاد اشتغال، امنیت غذایی و توسعه روستایی با حداقل بهره‌کشی از طبیعت باشد. Katsir و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی به بررسی مدیریت پایدار خاک در هند: ایجاد سیاست‌ها و اجرای استراتژی‌ها از طریق حکومت‌های محلی پرداختند. بنابر نتایج؛ نیاز به یک سیاست ملی خاک توسط سیاستگذاران در هند تایید شده است. یک پیش نویس پالیسی در حال حاضر در جریان یک سری مشاوره میان وزارتخانه‌ها و ادارات منتخب است تا از همسویی آن با پالیسی‌ها و مقررات موجود اطمینان حاصل شود. اهمیت پانچایات در ترویج کشاورزی پایدار و احیای سلامت خاک در روستاهای هند قابل اغراق نیست و باید در اجرای چنین سیاستی در آینده مورد توجه قرار گیرد. هفتاد و سومین متمم قانون اساسی هند و یازدهمین برنامه به پانچایات‌ها دستور روشنی برای مدیریت کشاورزی، حفاظت از خاک و توسعه حوزه آبخیز می‌دهد. این‌ها فرصت‌هایی برای تبدیل پانچایات‌ها به مراکز احیای خاک در مقیاس حکومت داری فرعی هستند. پانچایات‌ها می‌توانند با تمرکز بر سلامت خاک و با رسیدگی به حفظ محیط‌زیست، بهبود امنیت غذایی و ارتقای معیشت پایدار در جوامع روستایی کمک کنند. بسیار مهم است که از طریق طرح‌ها و سیاست‌های حکومتی مختلف، پانچایات‌ها منابع و حمایت مورد نیاز برای انجام مسئولیت‌های خود را دریافت کنند و نقشی معنادار در ترویج کشاورزی پایدار و بازسازی سلامت خاک در هند و کمک به دستیابی به اهداف SDG در دستور کار داشته باشند.

Kutter و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی به بررسی اقدامات سیاستی جهت حفاظت از خاک کشاورزی در اتحادیه اروپا و کشورهای عضو آن پرداختند. بدین منظور؛ یک سیستم طبقه‌بندی برای سیاست‌های کشاورزی ایجاد شد که امکان تجزیه و تحلیل تأثیر آن‌ها بر حفاظت از خاک را فراهم کرد. هر خط مشی به عنوان مجموعه‌ای از اقدامات سیاستی منفرد تعریف شد. اقدامات خط مشی با ویژگی‌های خود، یعنی اهداف کیفی خاک در سیاست و اقدامات فنی مورد نیاز، توصیف شد. این سیستم طبقه بندی برای ایجاد یک فهرست سیاستی در چارچوب نظارتی مربوط به حفاظت از خاک کشاورزی در اتحادیه اروپا استفاده شد. داده‌ها از طریق یک نظرسنجی آنلاین داوطلبانه که توسط کارشناسان وزارتخانه‌های ملی و منطقه‌ای، ارگان‌های اداری و موسسات تحقیقاتی تکمیل شد، جمع‌آوری شد. بیش از ۵۰ کارشناس و مؤسسه از ۲۴ کشور عضو اتحادیه اروپا در این نظرسنجی شرکت کردند و بیش از ۴۰۰ اقدام سیاستی در پایگاه داده وارد شد. این نظرسنجی تجزیه و تحلیل دقیق و مقایسه‌ای از روابط متقابل بین شیوه‌های حفاظت از خاک، فرآیندهای تخریب خاک و اقدامات سیاستی در کشورهای عضو در سطح ملی یا منطقه‌ای را امکان‌پذیر کرد. با این حال، اکثر سیاست‌ها به دستیابی به اهداف محیط‌زیستی خاصی که امکان ارزیابی را می‌دهد، منجر نمی‌شود. در بسیاری از موارد، مشکلات مشابه حفاظت از خاک با استفاده از گزینه‌های مختلف سیاستی مورد بررسی قرار گرفت. Santos Telles و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی به سیاست‌های حفاظتی خاک به عنوان یک الزام برای حفاظت از زمین‌های کشاورزی پرداختند. بنابر نتایج؛ نشان داده شد که کار گسترده‌ای بر روی برنامه‌ریزی مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی در پارانا برای تقویت حکمرانی و سیاست‌های مدیریت پایدار خاک انجام شده است. ابتکارات اجرا شده در حوزه‌های آبخیز و توسعه سیستم بدون خاک ورزی دستاوردهای قابل توجهی را نشان می‌دهد. با گذشت زمان، تصور نادرست - عمدتاً در بین کشاورزان - که مشکل فرسایش حل شده است، بسیاری از کشاورزان را به نادیده گرفتن شیوه‌های حفاظت از خاک و در برخی موارد، کنار گذاشتن تراس‌های کشاورزی، کشاورزی کانتور و تناوب زراعی سوق داد. این امر منجر به ظهور مجدد مشکلات مربوط به تخریب محیط‌زیست، تشدید فرسایش و ایجاد تلفات خاک و آب، همراه با آسیب محیط‌زیستی شد. در این راستا، ابزارهای به کار رفته در یک استراتژی جدید را برای تحریک احیای حکمرانی موثر خاک بر اساس سیاست‌های عمومی و مشارکت‌های دولتی-خصوصی برای ترویج حفاظت از خاک و آب توصیف شد.

در نهایت، پرداختن به تأثیر سیاست‌های دولتی بر استفاده از فناوری‌های پاک در مدیریت خاک، به ایجاد چارچوبی علمی و عملی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در این حوزه منجر خواهد شد. این چارچوب می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا با شناسایی نقاط ضعف و قوت سیاست‌های فعلی، راهکارهای مناسبی برای بهبود مدیریت خاک ارائه دهند و به تحقق اهداف محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی دست یابند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع پژوهش‌های کاربردی بوده و به روش توصیفی-میدانی انجام شده است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سیاست‌های دولتی بر استفاده از فناوری پاک در مدیریت خاک در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز است. جامعه آماری این پژوهش شامل مدیران، کارشناسان محیط‌زیست و مسئولان فنی است که شامل ۱۸۶ نفر بوده است. برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه بندی شده استفاده شد تا اطمینان حاصل شود که نظرات گروه‌های مختلف موجود در جامعه آماری به‌درستی منعکس می‌شود. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران و با سطح اطمینان ۹۵ درصد مطابق فرمول ذیل ۱۲۶ نفر تعیین گردید.

در تحقیق حاضر برای برآورد حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است که بصورت زیر است.

$$n = \frac{\frac{z^2 \times (p \times q)}{d^2}}{1 + \frac{\left[\frac{z^2 \times (p \times q)}{d^2}\right] - 1}{N}} \rightarrow \frac{\frac{3.84 \times (0.5 \times 0.5)}{0.05^2}}{1 + \frac{\left[\frac{3.84 \times (0.5 \times 0.5)}{0.05^2}\right] - 1}{2159631}} = 126$$

که در آن سه مولفه اصلی $(z^2_{\frac{a}{2}})$، $p \times q$ و d هستند.

الف) $z^2_{\frac{a}{2}}$ که سطح اطمینان برای آزمون فرضیه صفر و برابر با ۱/۹۶ در نظر گرفته شده است.

ب) $p \times q$ که نماد پراکندگی متغیرهای مورد مطالعه و در واقع پارامتری از جامعه آماری است.

ج) d نماد فاصله اطمینان برای برآورد پارامترهای جامعه بر اساس محاسبات انجام شده در نمونه آماری است که برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

د) N که همان تعداد افراد جامعه آماری است و برابر ۱۸۶ نفر بوده است. بدین ترتیب حجم نمونه برابر با ۱۲۶ نفر برآورد شده است.

داده‌های پژوهش با استفاده از پرسشنامه محقق ساخته گردآوری شدند. این پرسشنامه شامل دو بخش اصلی است:

الف) اطلاعات جمعیت‌شناختی: شامل سوالاتی درباره سن، جنسیت، سطح تحصیلات و سابقه کاری پاسخ‌دهندگان.

ب) سوالات تخصصی: شامل سوالاتی برای ارزیابی تأثیر سیاست‌های دولتی (مانند مشوق‌های دولتی، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی، نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک) بر استفاده از فناوری‌های پاک در مدیریت خاک. پرسشنامه براساس مقیاس لیکرت ۵ گزینه‌ای طراحی شده است (۱=کاملاً مخالف تا ۵=کاملاً موافق). روایی محتوایی پرسشنامه با استفاده از نظر خبرگان و پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ بررسی و تأیید شد.

داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از ابزار پرسشنامه و بر اساس نرم‌افزار SPSS 2022 تحلیل شدند. در ابتدا توصیف و تحلیل تک متغیره انجام شد و از شاخص‌های مرکزی نما، میانه، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. از طیف چند نقطه‌ای لیکرت برای نمره‌دهی به معیارها استفاده شد.

سپس برای تحلیل دو متغیره از آزمون‌های آماری همبستگی اسپیرمن و آزمون رگرسیون چندگانه بهره‌گیری شد. همچنین برای تحلیل چند متغیری از تحلیل رگرسیون به روش ENTER استفاده شد. در تعمیم نتایج به جمعیت آماری، سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از آماره توصیفی:

در تحقیق حاضر جمعیت نمونه ۸۵ درصد پاسخگویان مرد و ۱۵ درصد پاسخگویان زن بودند که از این تعداد در رده‌های سنی مختلف با درصدهای فراوانی به این ترتیب بوده است؛

در رده سنی زیر ۲۵ سال، ۱۰ درصد؛ رده سنی ۳۵-۲۵ سال، ۳۵ درصد؛ رده سنی ۴۵-۳۵ سال ۴۰ درصد؛ رده سنی ۵۵-۴۵ سال ۱۳ درصد؛ و ۵۵ سال به بالا، ۱.۵ درصد بوده‌اند.

درصد فراوانی از نظر مدرک تحصیلی، ۲ درصد زیر دیپلم و دیپلم؛ ۱۰ درصد فوق دیپلم؛ ۴۶ درصد کارشناسی و ۳۸ درصد کارشناسی ارشد، ۴ درصد دکتری داشتند.

درصد فراوانی از نظر سابقه کار بدین صورت بوده است؛

یک تا دو سال و کم‌تر، ۱۰ درصد؛ دو تا چهار سال، ۲۳ درصد؛ چهار تا شش سال، ۳۷/۵ درصد؛ شش تا ده سال، ۱۸/۵ درصد؛ هشت تا ده سال و بیشتر، ۱۱ درصد بوده است.

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن بین متغیر مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن بین دو متغیر مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک و استفاده از فناوری‌های پاک در جدول ۱ مشخص شده است. طبق این جدول Sig بدست آمده عدد کوچکتر از ۰/۰۰۱ و ضریب همبستگی عدد (۰/۰۷۱۹+) را نشان داد که حاکی از همبستگی معنادار و مثبت بین این دو متغیر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز می‌باشد (p> 0/001). یعنی هرچه مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک بیشتر باشد استفاده از فناوری‌های پاک به طرز چشمگیری افزایش پیدا خواهد کرد.

جدول۱- ضریب همبستگی اسپیرمن بین مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک و استفاده از فناوری‌های پاک

Table 1- Spearman's Rank Correlation Coefficient Between Government Incentives for Sustainable Soil Conservation and Management and the Adoption of Clean Technologies

		مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک	استفاده از فناوری‌های پاک
مشوق‌های دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک	Pearson Correlation	۱	۰/۷۱۹+*
	Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۱
استفاده از فناوری‌های پاک	Pearson Correlation	۰/۷۱۹+*	۱

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن بین متغیر ایجاد قوانین و مقررات دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن بین دو متغیر قوانین و مقررات دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک در جدول ۲ مشخص شده است. طبق این جدول Sig بدست آمده عدد کوچکتر از ۰/۰۰۱ و ضریب همبستگی عدد (۰/۷۸۰+) را نشان داد

که حاکی از همبستگی معنادار و مثبت بین این دو متغیر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز می‌باشد (p> 0.001). یعنی هرچه قوانین سختگیرانه‌تری در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک وجود داشته باشد؛ استفاده از فناوری‌های پاک بیشتر خواهد بود.

جدول ۲- ضریب همبستگی اسپیرمن بین متغیر قوانین و مقررات دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

Table 2 - Spearman's Correlation Coefficient for the Relationship Between Government Regulations and Sustainable Soil Preservation and Management through the Application of Clean Technologies

		ایجاد قوانین و مقررات دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک	استفاده از فناوری‌های پاک
ایجاد قوانین و مقررات دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک	Pearson Correlation	۱	۰/۷۸۰**
	Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۱
استفاده از فناوری‌های پاک	Pearson Correlation	۰/۷۸۰**	۱

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن بین متغیر حمایت‌های مالی و مالیاتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن بین دو متغیر حمایت‌های مالی و مالیاتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک در جدول ۳ مشخص شده است. طبق این جدول Sig بدست آمده عدد کوچکتر از ۰/۰۰۱ و ضریب همبستگی عدد (۰/۹۴۰+) را نشان داد که حاکی از همبستگی معنادار و مثبت بین این دو متغیر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز می‌باشد (p> 0.001). یعنی هرچه حمایت‌های مالی و مالیاتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک بیشتر باشد استفاده از فناوری پاک در میان کارکنان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز به طرز چشمگیری افزایش پیدا خواهد کرد.

جدول ۳- ضریب همبستگی اسپیرمن بین متغیر حمایت‌های مالی و مالیاتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

Table 3- Spearman's Correlation Coefficient Between Financial and Tax Support Variables in Soil Conservation and Sustainable Management Using Clean Technologies

		حمایت‌های مالی و مالیاتی	استفاده از فناوری‌های پاک
حمایت‌های مالی و مالیاتی	Pearson Correlation	۱	۰/۹۴۰**
	Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۱
استفاده از فناوری های پاک	Pearson Correlation	۰/۹۴۰**	۱

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن بین متغیر نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد زیست محیطی خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن بین دو متغیر نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک با استفاده از فناوری‌های پاک در جدول ۴ مشخص شده است. طبق این جدول Sig بدست آمده عدد کوچکتر از ۰/۰۰۱ و ضریب همبستگی عدد (۰/۸۱۳+) را نشان داد که حاکی از همبستگی معنادار و مثبت بین این دو متغیر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز می‌باشد (p> 0.001). یعنی هرچه نظارت و پایش دولتی در حفظ و مدیریت پایدار خاک بیشتر باشد استفاده از فناوری پاک در میان کارکنان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اهواز افزایش پیدا خواهد کرد.

جدول ۴- ضریب همبستگی اسپیرمن بین متغیر نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک با استفاده از فناوری‌های پاک

Table 4 - Spearman's Correlation Coefficient Between Government Monitoring and Supervision of Soil Environmental Performance Preservation Using Clean Technologies

		نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک	استفاده از فناوری‌های پاک
نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک	Pearson Correlation	۱	+۰/۸۱۳*
	Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۱
استفاده از فناوری های پاک	Pearson Correlation	+۰/۸۱۳*	۱

بررسی واریانس متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل از طریق رگرسیون

جهت بررسی واریانس متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل از آزمون رگرسیون بهره گرفته شد. مطابق این آزمون مشخص می‌گردد که متغیر مستقل در مجموع چند درصد از واریانس متغیر استفاده از فناوری پاک را تبیین می‌کنند. در این آزمون متغیرهای مستقل (مشوق‌های دولتی، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی، متغیر نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط زیستی خاک) بطور همزمان وارد مدل شده و تأثیر متغیرهای مهم و غیر مهم بر متغیر استفاده از فناوری پاک مشخص گردد. نتایج تحلیل رگرسیون در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- متغیرهای مستقل و وابسته تعریف شده در مدل Enter

Table 5: Independent and Dependent Variables Defined in the Enter Model

Variables Entered/Removed[b]				
Model		Variables Entered	Variables Removed	Method
0	1	مشوق‌های دولتی[a] قوانین و مقررات دولتی [a] حمایت‌های مالی و مالیاتی [a] نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک[a] استفاده از فناوری پاک [b]	.	Enter
a. All requested variables entered.				
b. Dependent Variable: استفاده از فناوری پاک				

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون چندگانه نشان داد که بین متغیرهای مستقل و استفاده از فناوری پاک ارتباط معنادار وجود دارد (p=0.021). ضریب همبستگی ۰/۸۷۳و ضریب تعیین ۰/۸۶۲ محاسبه شد (جدول ۶).

جدول ۶- آماره‌های محاسباتی خروجی رگرسیون روش Enter برای ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته

Table 6 - Computational Statistics of the Enter Method Regression Output for the Relationship Between Independent and Dependent Variables

Model Summary[b]								
Model		R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics		
						R Square Change	F Change	Sig
	۱	۰/۸۷۳[a]	۰/۸۶۲	۰/۳۱۹	۱/۱۰	۰/۸۱٤	۱/۲۷۲	۰/۲۱*
a. All requested variables entered.								
b. Dependent Variable: استفاده از فناوری پاک								

نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون چندگانه نشان داد که بیشترین همبستگی معنادار، بین متغیر حمایت مالی و مالیاتی در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک و فناوری پاک است (۰/۹۴۰). متغیر قوانین و مقررات دولتی (۰/۷۸۰)، مشوق‌های دولتی (۰/۷۱۹) و نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک (۰/۸۱۳) نیز اثر معناداری را بر فناوری پاک نشان داد.

متغیرهای مشوق دولتی و قوانین و مقررات دولتی نیز با ضرایب اثر بتا ۰/۲۱۵ و ۰/۲۰۱ با وجود نشان دادن معناداری، از لحاظ آماری نسبت به سایر متغیرها بر متغیر استفاده از فناوری پاک کم اثرتر بودند. ضرایب عرض از مبدأ و ضرایب رگرسیون با توجه به توزیع T معنادار بوده و ضرایب مشاهده شده در نمونه قابل تعمیم به جامعه آماری کل است (جدول ۷). نمودار ۱ برازش رگرسیونی ارتباط بین متغیرهای مستقل و استفاده از فناوری پاک را نشان می‌دهد.

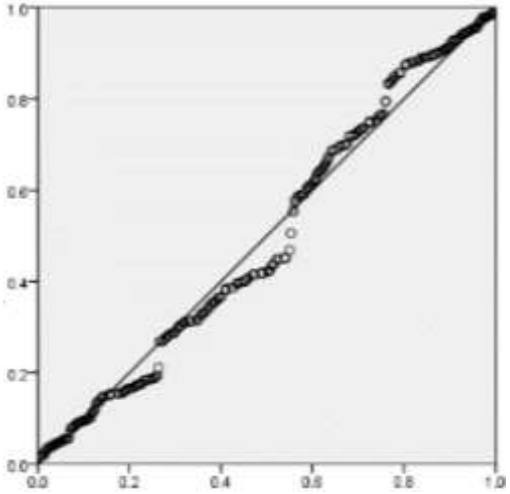
جدول ۷- خروجی رگرسیون چندگانه به روش Enter برای ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته

Table 7. Multiple Regression Output (Enter Method) for the Relationship Between Independent and Dependent Variables

Coefficients[a]								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations	
		B	Std. Error	Beta			Coefficient	sig
1	(Constant)	۰/۴۱۱	۰/۱۴۷		۰/۶۲۰	۰/۷۸۵	-	-
	مشوق‌های دولتی	۰/۲۱۵	۰/۲۱۷	۰/۰۴۶	۲/۱۱۴	۰/۷۲۴	۰/۷۱۹	۰/۰۰۱
	قوانین و مقررات دولتی	۰/۲۰۱	۰/۳۵۹	۰/۱۴۸	۱/۶۵۷	۰/۸۱۴	۰/۷۸۰	۰/۰۰۱
	حمایت‌های مالی و مالیاتی	۰/۴۱۳	۰/۲۰۴	۰/۲۵۸	۱/۲۰۶	۰/۸۶۷	۰/۹۴۰	۰/۰۰۱
	نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک	۰/۳۶۷	۰/۵۹۷	۰/۰۳۲	۱/۰۵۹	۰/۸۵۴	۰/۸۱۳	۰/۰۰۱
	a. Dependent Variable: استفاده از فناوری پاک							

نمودار ۱- برازش رگرسیونی ارتباط بین متغیرهای مستقل و استفاده از فناوری پاک

Figure 1: Regression Fit of the Relationship Between Independent Variables and Clean Technology Adoption



بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تأثیر سیاست‌های دولتی (مشوق‌های دولتی، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی و پایش دولتی حفظ عملکرد خاک) بر استفاده از فناوری‌های پاک در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک در سال ۱۴۰۳ انجام شده است. نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن نشان داد بین متغیرهای مشوق‌های دولتی، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی و پایش دولتی حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک و استفاده از فناوری‌های پاک رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد ($p<0.01$). نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون چندگانه نشان داد که بیشترین همبستگی معنادار، بین متغیر حمایت مالی و مالیاتی در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک و فناوری پاک است (۰/۹۴۰). متغیر قوانین و مقررات دولتی (۰/۷۸۰)، مشوق‌های دولتی (۰/۷۱۹) و نظارت و پایش دولتی بر حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک (۰/۸۱۳) نیز اثر معناداری را بر فناوری پاک نشان داد. بنابراین اعمال هر یک از موارد بیان شده در جهت حفظ و مدیریت پایدار خاک می‌تواند موجب افزایش استفاده از فناوری‌های پاک و نوین گردد.

حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک یکی از چالش‌های حیاتی در دنیای امروز است که در سایه فعالیت‌های انسانی و صنعتی با تهدیدات جدی مواجه شده است. آلودگی خاک ناشی از پسماندهای صنعتی، کشاورزی و شهری، نیازمند راهکارهایی نوآورانه است که بتواند اثرات محیط‌زیستی این معضل را کاهش دهد (Ristić et al., 2020). آلودگی خاک یکی از مهم‌ترین معضلات محیط‌زیستی در جهان امروز است که به‌واسطه فعالیت‌های انسانی و صنعتی به‌طور گسترده‌ای تشدید شده است. با این حال، فشار ناشی از فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار، شهرنشینی گسترده و توسعه صنعتی کنترل‌نشده، منجر به تخریب و آلودگی شدید خاک در بسیاری از نقاط جهان شده است. مدیریت پایدار خاک به‌عنوان راه حلی اساسی برای مقابله با این چالش، نیازمند رویکردی جامع و چندبعدی است که بتواند ضمن کاهش آلودگی، بهره‌وری و سلامت خاک را در درازمدت حفظ کند. یکی از اصلی‌ترین عوامل آلودگی خاک، ورود مواد شیمیایی ناشی از کودها، سموم دفع آفات و پسماندهای صنعتی به این منبع حیاتی است. در کشاورزی صنعتی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سموم، اگرچه در کوتاه‌مدت باعث افزایش تولید محصولات می‌شود، اما در بلندمدت منجر به کاهش حاصلخیزی خاک، آلودگی منابع آبی زیرزمینی و تجمع مواد سمی در زنجیره غذایی می‌شود (Rust et al., 2020). از سوی دیگر، تخلیه زباله‌های صنعتی و پسماندهای شیمیایی به خاک بدون رعایت استانداردهای محیط زیستی، باعث تجمع فلزات سنگین و ترکیبات سمی در خاک می‌شود که نه‌تنها قابلیت بازیابی خاک را کاهش می‌دهد، بلکه خطرات جدی برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کند (Strauss et al., 2023).

مدیریت پایدار خاک به‌عنوان یک راهبرد کلیدی برای مقابله با این تهدیدها، به دنبال ایجاد تعادلی میان بهره‌برداری انسان و حفظ عملکرد محیط‌زیستی خاک است. این مدیریت نه‌تنها شامل کاهش منابع آلودگی و کنترل ورود مواد شیمیایی مضر به خاک می‌شود، بلکه بر حفظ تنوع زیستی خاک و بازسازی ساختارهای تخریب‌شده آن نیز تمرکز دارد. یکی از اصول اساسی در مدیریت پایدار خاک، بهبود روش‌های کشاورزی است. کشاورزی حفاظتی که شامل کاهش شخم‌زنی، استفاده از کودهای آلی و تناوب کشت می‌شود، می‌تواند اثرات مخرب فعالیت‌های کشاورزی را به حداقل برساند و بازدهی خاک را در درازمدت تضمین کند. از سوی دیگر، توسعه فناوری‌های نوین در مدیریت آلودگی خاک نقشی حیاتی در پایداری این منبع ایفا می‌کند. فناوری‌های پاک مانند استفاده از جاذب‌های زیستی برای حذف آلاینده‌ها، بایورمدیشن (زیست‌پالایی) و استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید برای تجزیه مواد سمی، از جمله رویکردهای پیشرفته‌ای هستند که امکان احیای خاک‌های آلوده و کاهش بار آلودگی را فراهم می‌کنند. همچنین، استفاده از حسگرها و داده‌های ماهواره‌ای برای پایش وضعیت خاک، ابزارهای قدرتمندی برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه فراهم می‌آورد (Thorsøe et al., 2019).

در این راستا، سیاست‌های دولتی، از طریق تنظیم مشوق‌ها، قوانین و مقررات، حمایت‌های مالی و مالیاتی، و پایش مستمر، نقشی کلیدی در تسهیل و ترویج استفاده از فناوری‌های پاک ایفا می‌کنند. این بحث به بررسی ابعاد مختلف این تأثیرات پرداخته است. یکی از مؤثرترین ابزارهایی که دولت‌ها در اختیار دارند، ارائه مشوق‌های مالی و اقتصادی به صنایع و کشاورزان است. این مشوق‌ها می‌توانند شامل اعطای یارانه به تولیدکنندگان فناوری‌های پاک یا کاربران این فناوری‌ها، کاهش مالیات بر درآمد، یا ارائه تسهیلات اعتباری باشند. برای مثال، حمایت مالی دولت از کشاورزانی که به جای استفاده از کودهای شیمیایی مضر، به کودهای آلی و سازگار با محیط زیست روی می‌آورند، می‌تواند تغییرات چشمگیری در کاهش آلودگی خاک ایجاد کند(Vanino et al., 2023). از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه فناوری‌های پاک نیز از دیگر اقدامات دولت‌ها برای تسهیل این تغییرات است. تخصیص بودجه به پژوهشگران و شرکت‌های نوپا که در زمینه کاهش آلودگی خاک فعالیت می‌کنند، انگیزه‌ای قوی برای نوآوری در این حوزه ایجاد می‌کند.

قوانین و مقررات نیز در این میان نقش بسیار برجسته‌ای ایفا می‌کنند. تنظیم و اجرای دقیق قوانین محیط زیستی، به‌ویژه در صنایع آلاینده، می‌تواند صنایع را به سمت استفاده از فناوری‌های پاک سوق دهد. برای مثال، تعیین استانداردهای سخت‌گیرانه برای دفع زباله‌های صنعتی یا الزامی کردن استفاده از تجهیزات تصفیه آب و خاک در صنایع سنگین، موجب کاهش تخلیه آلاینده‌ها به محیط‌زیست می‌شود. همچنین، دولت‌ها می‌توانند از طریق الزامی کردن گزارش‌دهی منظم از وضعیت خاک‌های مورد استفاده، صنایع و کشاورزان را به مسئولیت‌پذیری بیشتری وادار کنند (Veerman et al., 2020). در این راستا، نهادهای پایشی نقش مهمی در تضمین اجرای صحیح این قوانین دارند. پایش و نظارت مستمر از سوی دولت نیز از دیگر ابزارهای ضروری برای کنترل و کاهش آلودگی خاک است. ارزیابی دوره‌ای کیفیت خاک در مناطق کشاورزی و صنعتی، کمک می‌کند تا منابع آلودگی به‌موقع شناسایی و اقدامات اصلاحی اعمال شوند. برای مثال، دولت‌ها می‌توانند سامانه‌های نظارتی پیشرفته‌ای را مستقر کنند که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و حسگرهای زمینی، تغییرات کیفیت خاک را به‌صورت آنی ثبت کنند. این پایش‌های دقیق نه‌تنها ابزار مهمی برای اجرای قوانین هستند، بلکه اطلاعات ارزشمندی برای پژوهشگران و سیاست‌گذاران فراهم می‌کنند (Visser et al., 2019). حمایت‌های مالیاتی نیز از جمله سیاست‌هایی هستند که می‌توانند به‌طور مستقیم بر پذیرش فناوری‌های پاک تأثیر بگذارند. کاهش مالیات برای صنایعی که از تجهیزات و فناوری‌های پاک استفاده می‌کنند یا مشوق‌های مالیاتی برای کشاورزانی که از روش‌های پایدار در مدیریت خاک بهره می‌برند، انگیزه لازم را برای پذیرش این فناوری‌ها فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال، در برخی کشورها، معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌هایی که از فناوری‌های کم‌کربن استفاده می‌کنند، تأثیر بسزایی در تغییر رفتار این صنایع داشته است. علاوه بر این، مشوق‌های غیرمالی مانند ترویج دانش و آگاهی در میان کشاورزان و مدیران صنایع نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. دولت‌ها می‌توانند از طریق برگزاری کارگاه‌ها، سمینارها، و ارائه مشاوره‌های تخصصی، بازیگران مختلف را با مزایا و کاربردهای فناوری‌های پاک آشنا کنند. این آگاهی‌بخشی نه‌تنها در پذیرش فناوری‌های جدید مؤثر است، بلکه حس مسئولیت‌پذیری محیط زیستی را نیز تقویت می‌کند (Hamzenejhad, R & Khodaverdiloo, 2020).

در نهایت، یکپارچگی و هماهنگی میان سیاست‌های مختلف دولت، شرط لازم برای موفقیت در حفظ عملکرد محیط زیستی خاک و کاهش آلودگی است. مشوق‌های مالی و مالیاتی باید با قوانین سخت‌گیرانه و پایش مستمر همراه باشند تا اثرگذاری مطلوبی داشته باشند. همچنین، دولت‌ها باید ضمن تقویت همکاری‌های بین‌المللی، از تجارب موفق دیگر کشورها در این حوزه بهره مند شوند.

نکته قابل توجه این است که مدیریت پایدار خاک نیازمند همکاری و تعهد تمام ذینفعان، از جمله دولت‌ها، کشاورزان، صنایع و جوامع محلی است. سیاست‌های دولتی، از جمله ارائه مشوق‌های مالی، وضع قوانین سخت‌گیرانه برای کاهش تخلیه آلاینده‌ها و ترویج آموزش و آگاهی، می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در تسهیل این مدیریت ایفا کنند. علاوه بر این، افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت خاک و پیامدهای تخریب آن، نقشی اساسی در تغییر رفتار جوامع و حرکت به سوی استفاده مسئولانه از این منبع دارد. در مجموع، آلودگی خاک و نیاز به مدیریت پایدار آن، چالشی چندبعدی و فراگیر است که تنها از طریق رویکردهای جامع و هماهنگ می‌توان به آن پاسخ داد. حفاظت از خاک، نه‌تنها برای تأمین امنیت غذایی و توسعه پایدار ضروری است، بلکه تضمینی برای حفظ تعادل اکوسیستم‌های طبیعی و ارتقای کیفیت زندگی نسل‌های آینده به شمار می‌رود (Shamsoddini, A., Esmaeili, 2023). به‌طور کلی، تأثیر سیاست‌های دولتی بر استفاده از فناوری‌های پاک در مدیریت آلودگی خاک نه‌تنها در بعد محیط‌زیستی بلکه در جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی نیز حائز اهمیت است. این سیاست‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزاری برای تغییر الگوهای رفتاری و صنعتی عمل کنند و از این طریق، پایداری و سلامت محیط‌زیست را تضمین نمایند. در تحقیقی که توسط Aziz Mohammadloo و همکاران (۲۰۱۷) با عنوان انتخاب فناوری پاک و نوآوری سبز، راهکاری برای بهبود عملکرد محیط‌زیستی صنایع کوچک و متوسط انجام شد نشان دادند که انتخاب تکنولوژی سبز بیشترین تاثیر را در بهبود عملکرد محیط‌زیستی صنایع شیمیایی دارد. نتایج حاصل از مطالعه Najafi Sheikh Jan و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که مدیریت آلودگی خاک با چالش‌ها و مشکلات عظیمی از جمله عدم وجود قوانین و مقررات، ابهام مسئولیت ، عدم پاسخگویی وتوانایی مدیریتی ضعیف مواجه است. اولین وظیفه برای پاسخگویی به چالش آلودگی خاک، تهیه قانون خاک برای ارائه مبانی قانونی برای مدیریت محیط زیست خاک و مدیریت آلودگی خاک است. برای مدیریت آلودگی خاک و برای تامین نیازهای فعلی و آینده، مدیریت آلودگی خاک نیاز به ایجاد یک سیستم استاندارد یکپارچه محیط زیست خاک بر اساس اصول طراحی محافظت از سلامت انسان و ایمنی اکولوژیکی دارد؛ نتایج تحقیقات آن‌ها با تحقیق حاضر همسو بوده است. Hansjürgens و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود استدلال‌ها و توجیهاتی برای حفاظت از خاک و مدیریت پایدار خاک از زوایای مختلف از جنبه‌های خلقی-اخلاقی، قانونی، ارائه کردند که هر سه دیدگاه به یک جهت اشاره دارند، یعنی در استفاده از خاک، منافع عمومی که در خدمت جامعه و محیط زیست است بر منافع خصوصی

اولویت داده شود. این استدلال‌ها ممکن است به عنوان یک نقطه مرجع مهم در بحث‌های سیاسی و اجتماعی در مورد خاک عمل کنند و ممکن است از استراتژی‌هایی برای مدیریت پایدار خاک حمایت کنند که نتایج تحقیق وی با تحقیق حاضر هم راستا بوده است.

خاک به‌عنوان بستر اصلی تولید و پشتیبان تنوع زیستی، نقشی بی‌بدیل در تضمین پایداری محیط‌زیستی و رفاه جوامع بشری ایفا می‌کند. با این حال، افزایش بهره‌برداری ناپایدار و ورود آلاینده‌های گوناگون، سلامت و کارایی خاک را به شدت تهدید کرده است. این وضعیت نه تنها تولید مواد غذایی را به مخاطره می‌اندازد، بلکه عملکرد طبیعی اکوسیستم‌ها و تعادل زیستی را نیز دچار اختلال می‌کند. در چنین شرایطی، حرکت به سوی مدیریت پایدار خاک دیگر یک انتخاب نیست، بلکه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای حفظ منابع طبیعی و تداوم حیات بر روی زمین است. مدیریت پایدار خاک، فراتر از اقدامات حفاظتی، به‌معنای بازاندیشی در شیوه‌های بهره‌برداری از منابع و ارتقای تعاملات انسان با محیط‌زیست است. استفاده از فناوری‌های نوین برای احیای خاک‌های آلوده گرفته تا اصلاح روش‌های کشاورزی و بهره‌گیری از سیاست‌های دولتی هوشمندانه، همه در راستای کاهش فشار بر این منبع ارزشمند قرار دارند. حمایت‌های مالی، تقویت پژوهش‌های علمی و ارتقای آگاهی عمومی از اهمیت این رویکرد، نقشی حیاتی در موفقیت آن دارند.

آینده پایدار جهان وابسته به اقدامات امروز ما در حفاظت از خاک است. این منبع حیاتی، ستون فقرات امنیت غذایی و پایداری محیط‌زیستی است و هرگونه غفلت در مدیریت آن، پیامدهای جبران‌ناپذیری به همراه خواهد داشت. ازاین‌رو، هماهنگی میان تمام بازیگران، از دولت‌ها و صنایع تا کشاورزان و جوامع محلی، برای کاهش اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی و تضمین سلامت خاک، ضرورتی اساسی است. تنها از طریق تعامل جهانی و اراده‌ای مشترک می‌توان از خاک به‌عنوان میراثی گران‌بها برای نسل‌های آینده محافظت کرد.

Extended Abstract

In recent decades, the degradation of natural resources has become one of the most significant environmental challenges worldwide. Among these resources, soil holds a crucial position as the fundamental element for human survival and ecosystem development. This vital resource plays a key role in ensuring food security, preserving biodiversity, and storing carbon. However, the increasing industrial activities, unsustainable agricultural practices, land-use changes, and urban expansion have exerted severe pressures on soil, leading to pollution, erosion, and a decline in its quality. This situation has far-reaching consequences not only for ecosystems but also for economic development and human well-being. One of the most effective approaches to addressing this challenge is the adoption of clean technologies. These technologies encompass processes, equipment, and methods that minimize negative environmental impacts while maximizing resource efficiency. In soil management, clean technologies can prevent contamination, enhance land productivity, and even restore polluted soils. For instance, bioremediation technologies used for the decontamination of heavy metal-polluted soils or methods for reducing industrial pollutants in soil can significantly contribute to the sustainable management of this valuable resource. However, the implementation of clean technologies in soil management faces several challenges. One of the most critical barriers is the high initial cost of these technologies and the need for advanced technical expertise. In this regard, government policies can play a pivotal role. As regulatory instruments guiding individual and organizational behaviors, government policies can effectively promote the adoption of clean technologies through legislation, financial incentives, investment in research and education, and the establishment of regulatory frameworks. This study is an applied research project conducted using a descriptive-field methodology. The primary objective is to examine the impact of government policies on the adoption of clean technologies in soil management at the Ahvaz Agricultural Research and Training Center. The statistical population consists of managers, environmental experts, and technical officials, totaling 8,856 individuals. A stratified random sampling method was employed to ensure that the perspectives of various groups within the population were accurately represented. The sample size was determined to be 369 using Cochran’s formula with a 95% confidence level, as calculated by the following formula. The collected data were analyzed using a questionnaire-based approach with SPSS 2022 software. Initially, univariate descriptive and analytical statistics were performed, utilizing central tendency indices such as mode, median, mean, and standard deviation. A multi-point Likert scale was used for scoring the criteria. For bivariate analysis, Spearman’s correlation test and multiple regression analysis were applied. Additionally, for multivariate analysis, regression analysis using the ENTER method was conducted. To generalize the results to the statistical population, a significance level of less than 0.05 was considered.The results of Spearman’s correlation analysis indicated a direct and significant relationship between government incentives, regulations, financial and tax support, government monitoring of soil environmental performance, and the adoption of clean technologies. Additionally, the results of multiple regression analysis demonstrated that the strongest significant correlation was between financial and tax support for sustainable soil conservation and management and the adoption of clean technologies (0.940). Government regulations (0.780), government incentives (0.719), and government monitoring and supervision of soil environmental performance (0.813) also showed a significant impact on the adoption of clean technologies .The preservation of soil environmental performance is one of the critical challenges in today’s world, increasingly threatened by human and industrial activities. Soil pollution caused by industrial,

agricultural, and urban waste necessitates innovative solutions that can mitigate the environmental impacts of this issue (Ristic et al., 2020). Soil pollution is among the most significant environmental problems globally, exacerbated by extensive human and industrial activities. Moreover, the pressures resulting from unsustainable agricultural practices, rapid urbanization, and uncontrolled industrial development have led to severe soil degradation and contamination in many regions worldwide. Sustainable soil management, as a fundamental solution to this challenge, requires a comprehensive and multidimensional approach that not only reduces pollution but also ensures long-term soil productivity and health.

As the primary foundation for production and a key supporter of biodiversity, soil plays an unparalleled role in ensuring environmental sustainability and human well-being. However, increasing unsustainable exploitation and the infiltration of various pollutants have severely threatened soil health and functionality. This situation not only jeopardizes food production but also disrupts the natural functioning of ecosystems and ecological balance. Under such circumstances, transitioning toward sustainable soil management is no longer a choice but an unavoidable necessity for preserving natural resources and ensuring the continuity of life on Earth. Sustainable soil management goes beyond protective measures; it entails rethinking resource utilization strategies and enhancing human-environment interactions. From employing innovative technologies for the remediation of contaminated soils to improving agricultural practices and implementing intelligent governmental policies, all efforts must focus on reducing pressure on this invaluable resource. Financial support, strengthening scientific research, and raising public awareness about the significance of this approach play a crucial role in its success. The sustainable future of the world depends on the actions we take today to protect soil. This vital resource is the backbone of food security and environmental stability, and any negligence in its management will lead to irreversible consequences. Therefore, coordination among all stakeholders—including governments, industries, farmers, and local communities—is essential to mitigate the adverse effects of human activities and ensure soil health. Only through global collaboration and shared determination can we safeguard soil as a precious legacy for future generations.

Keywords: Government Policies, Clean Technologies, Sustainable Soil Management, Ahvaz Agricultural Research and Training Center.

References

Bouma, J., de Haan, J., Dekkers, M. F. S. (2022). Exploring Operational Procedures to Assess Ecosystem Services at Farm Level, including the Role of Soil Health. *Soil Systems*, 6(2): 34.

Najafi Sheikh Jan, S., Morabi Heravi, H., & Varshosaz, K. (2020). The role of policies in soil pollution management, *Environmental Management & Sustainable Development,* 4(2), 3. [In Persian]

Aziz Mohammadloo, H., Fazli, S., & Mohammadnejad Modardi, S. (2017). Clean technology selection and green innovation, a strategy to improve the environmental performance of SMEs. *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, *15*(30), 5-12. [In Persian]

Shamsoddini, A., Esmaeili, S. (2023). Modelling of Soil Heavy Metal contamination using Machine learning techniques and spectroscopic data. *MJSP*; 26 (4) :139-160. [In Persian]

Hamzenejhad, R & Khodaverdiloo, H. (2020). Quantitative Assessment of Soil Heavy Metals Pollution. *Applied Soil Research*, *8*(2), 37-52. [In Persian]

Rezaei, H. , shahbazi, K. , saadat, S. and Bazargan, K. (2022). Investigation of Soil Pollution and Agricultural Crops in Iran. *Land Management Journal*, *10*(1), 61-93. doi: 10.22092/lmj.2021.125620.177. [In Persian]

Khajavi, P. (2016). Review policy issues of water, soil and food security in Iran. *Strategic Studies of public policy*, *6*(20), 165-180. [In Persian]

Sayed Tabatabaei, B. (2018). The Role of Biotechnology in Agriculture and the Protection of the Environment. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *3*(1), 77-84.. [In Persian]

Cai, X., Dan, W., Ge, D., Zhao, X., & Wang, Y. (2025). The impact of environmental regulations and government subsidies and their policy mix on clean technology innovation. *Environment, Development and Sustainability*, 27(1), 1987-2023.

Deen, R. (2023). An Analysis of Government Policies in Soil Resource Management and Protection in Light of Iran's High-Level Documents (with an Emphasis on the Soil Protection Law, enacted 2019/05/25). 1st

International Conference on Empowerment of Management, Industrial Engineering, Accounting and Economics, Babol. [In Persian]

Parvanak, K., Khamisabadi, A., & Pakmanesh, P. (2018). The Use of Novel Technologies in Soil Pollution Control. The 4th International Conference on Agriculture & Environment with Sustainable development approac, Shiraz. [In Persian]

Hansjürgens, B., Lienkamp, A., Möcke, S. (2018). Justifying Soil Protection and Sustainable Soil Management: Creation-Ethical, Legal and Economic Considerations. *Sustainability*, 10(10): 3807.

Hessel, R., Wyseure, G., Panagea, I. S., Alaoui, A., Reed, M. S., van Delden, H., …. & Chivers, C.A. (2022). Soil-Improving Cropping Systems for Sustainable and Profitable Farming in Europe. *Land*, 11(6):780.

Heuser, D. I. (2022). Soil Governance in current European Union Law and in the European Green Deal. *Soil Security*, 6:100053.

Ingram, J., & Mills, J. (2019). Are advisory services "fit for purpose" to support sustainable soil management? An assessment of advice in Europe. *Soil Use and Management*, *35*(1), 21-31.

Ingram, J., Mills, J., Black, J. E., Chivers, C. A., Aznar-Sánchez, J. A., Elsen, A., ... & Tits, M. (2022). Do agricultural advisory services in Europe have the capacity to support the transition to healthy soils?. *Land*, *11*(5), 599.

Katsir, S., Biswas, A. K., Urs, K., Kumar Lenka, N., Jha, P., Arora, K. (2024). Governing soils sustainably in India: Establishing policies and implementing strategies through local governance. *Soil Security*, 14: 100132.

Kutter, Th., Louwagie, G., Schuler, J., Zander, P. (2011). Policy measures for agricultural soil conservation in the European Union and its member states: Policy review and classification. *Land Degradation and Development*, 22(1):18 – 31.

Meena, M., M P, H., haruman, R., Nath, D. (2023). *Soil Management and Sustainable Agriculture.* Advances in Soil Science Volume-1, Bright Sky Publications.

Obobisa, E. S., & Ahakwa, I. (2024). Stimulating the adoption of green technology innovation, clean energy resources, green finance, and environmental taxes: The way to achieve net zero CO2 emissions in Europe?. *Technological Forecasting and Social Change*, 205, 123489.

Petrescu-Mag, R. M., Petrescu, D. C., Azadi, H. (2020). A social perspective on soil functions and 858 quality improvement: Romanian farmers' perceptions. *Geoderma*, 380:114573.

Ristić, R., Solomun, M. K., Malušević, I., Ždrale, S., Radić, B., Polovina, S., & Milćanović, V. (2020). Healthy Soils—Healthy People: Soil and Human Health—The Reality of the Balkan Region. *In The Soil–Human Health Nexus*, 868. 223-248.

Rust, N., Ptak, E., Graversgaard, M., Iversen, S., Reed, M., de Vries, J., …. & Dalgaard, T. (2020). Social capital factors affecting uptake of sustainable soil management practices: a literature review. *Emerald Open Research*, 2(8).

Santos Telles, T., Moraes de Cesare Barbosa, G., Henrique Merten, G., Pellini, T., Jonas Didoné, E., de Fátima Guimarães, M. (2023). Soil governance as a requirement for agricultural land conservation: a historical overview. *Revista Ciência Agronômica*, 54: e20218315.

Shahzad, K., Raza, H. A., & Shahbaz, M. (2024). Environmental regulations' impact on clean energy consumption: Under the assistance of governance measures. *Renewable Energy*, 237, 121766. [In Persian]

Strauss, V., Paul, C., Dönmez, C., Löbmann, M., Helming, K. (2023). Sustainable soil management measures: a synthesis of stakeholder recommendations. *Agronomy for Sustainable Development*, 43(1):17.

Thorsøe, M. H., Keesstra, S., Buchová, K., Bøe, F., ……& Munkholm, L. J. (2023). Sustainable soil management: Soil knowledge use and gaps in Europe. *European Journal of Soil Science*, 74(6): e13439.

Thorsøe, M. H., Noe, E. B., Lamandé, M., Frelih-Larsen, A., Kjeldsen, C., Zandersen, M., & Schjønning, P. (2019). Sustainable soil management-Farmers' perspectives on subsoil compaction and the opportunities and barriers for intervention. *Land Use Policy*, 86:427-437.

Vanino, S., Pirelli, T., Di Bene, C., Bøe, F., Castanheira, N., Chenu, C., . . . Farina, R. (2023). Barriers and opportunities of soil knowledge to address soil challenges: Stakeholders' perspectives 898 across Europe. *Journal of Environmental Management*, 325:116581.

Veerman, C., Correia, T. P., Bastioli, C., Biro, B., Bouma, J., Cienciala, E., ... & Wittkowski, R. (2020). Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate: *interim report of the mission board for soil health and food: study*.

Visser, S., Keesstra, S., Maas, G., De Cleen, M., & Molenaar, C. (2019). Soil as a basis to create enabling conditions for transitions towards sustainable land management as a key to achieve the SDGs by 2030. *Sustainability*, 11(23):6792.