Journal Homepage: https://journals.sbmu.ac.ir/be DOI: https://doi.org/10.22037/bioeth.v15i40.48619

Original Article Open Access

Akhlāq-i zīstī

i.e., Bioethics Journal

2025; 15: e25

The Ethics of Chemical Fertilizer Use in Sustainable Crop Production and Environmental Damage Reduction

Mohammad Mirzaei Heydari[1*], Atefeh Chamani[2]

1. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2. Department of Environmental Science and Engineering, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: Given the excessive use of chemical fertilizers as a strategy to increase crop yields and its negative impact on the environment, human health, and biodiversity, examining the ethics of chemical fertilizer use and its effect on sustainable crop production and controlling environmental damage appears essential.

Methods: In terms of its purpose, this research is applied, and methodologically, it is a descriptive-analytical study. By searching library resources and databases, the necessary information related to the ethics of chemical fertilizer use in crop production has been examined and analyzed.

Ethical Considerations: In this study, ethical aspects in the library research, including the authenticity of texts, honesty, and trustworthiness, have been taken into account.

Results: The imbalanced use of chemical fertilizers and the serious threat to biological ecosystems require re-evaluation from an ethical perspective and through the lens of balancing short-term benefits (such as economic profit) with long-term consequences (such as environmental degradation and human health). Furthermore, farmers' lack of awareness and the inequality in access to quality fertilizers between smallholder farmers and large agricultural companies highlight the ethical issue of fertilizer use.

Conclusion: To safeguard environmental health and the well-being of crop consumers, adhering to the precautionary principle in agricultural policymaking is essential. Proposed solutions include clarifying the ethics of fertilizer use in modern agriculture, promoting organic fertilizers, utilizing precision technologies (such as smart farming) for optimal application, and educating farmers about sustainable practices. Ultimately, establishing stricter regulations and fostering international cooperation to mitigate the negative effects of fertilizers is not only an ethical obligation but a necessity for preserving human health and ensuring the survival of sustainable agriculture.

Keywords: Chemical Fertilizers; Sustainable Agriculture; Environmental Health; Food Safety

Corresponding Author: Mohammad Mirzaei Heydari; **Email:** mirzaeiheydari@iau.ir

Received: May 26, 2025; **Accepted:** July 31, 2025; **Published Online:** December 28, 2025

Please cite this article as:

Mirzaei Heydari M, Chamani A. The Ethics of Chemical Fertilizer Use in Sustainable Crop Production and Environmental Damage Reduction. Akhlaq-i zisti, i.e., Bioethics Journal. 2025; 15: e25.

This Open Access Article Distributed under the Terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License 4.0 (CC BY-NC 4.0)

DOI: https://doi.org/10.22037/bioeth.v15i40.48619 Journal Homepage: https://journals.sbmu.ac.ir/be

دسترسی آزاد مقاله پژوهشی

مجله اخلاق زیستی

دوره پانزدهم، ۱۴۰۴

اخلاق مصرف کودهای شیمیایی در تولید پایدار محصولات زراعی و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی

محمد میرزایی حیدری[۱*]، عاطفه چمنی[۲]

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۲. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌عنوان راهکاری برای افزایش عملکرد محصولات زراعی و تأثیر منفی آن بر محیط زیست، سلامت انسان و تنوع زیستی، بررسی اخلاق مصرف کودهای شیمیایی و تأثیر آن بر تولید پایدار محصولات زراعی و کنترل آسیب‌های زیست‌محیطی امری ضروری به نظر می‌رسد.

روش: این تحقیق بر حسب هدف، کاربردی و از نظر روش‌شناسی از نوع تحقیق توصیفی ـ تحلیلی است که در آن ضمن جستجو در منابع کتابخانه‌ای و بانک‌های اطلاعاتی، اطلاعات لازم در ارتباط با اخلاق مصرف کود شیمیایی در تولید محصولات زراعی بررسی و تحلیل گردیده است.

ملاحظات اخلاقی: در این مطالعه جنبه‌های اخلاقی در مطالعه کتابخانه‌ای شامل اصالت متون، صداقت و امانتداری مورد توجه قرار گرفته است.

یافته‌ها: استفاده نامتعادل کودهای شیمیایی و تهدید جدی اکوسیستم‌های زیستی، از منظر اخلاقی و چشم‌انداز تعادل بین منافع کوتاه‌مدت (مانند سود اقتصادی) و پیامدهای بلندمدت (نظیر تخریب محیط زیست و سلامت انسان) نیازمند بازنگری است. همچنین، عدم آگاهی کشاورزان و نابرابری در دسترسی به کودهای باکیفیت بین کشاورزان خرده‌مالک و شرکت‌های بزرگ زراعی، مسئله اخلاق مصرف کود را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری: جهت سلامت محیط زیست و مصرف‌کنندگان محصولات زراعی، رعایت اصل احتیاط در سیاست‌گذاری‌های کشاورزی ضروری است. راه‌حل‌های پیشنهادی شامل تبیین اخلاق مصرف کود در کشاورزی مدرن، ترویج کودهای آلی، استفاده از فناوری‌های دقیق (مانند کشاورزی هوشمند) برای مصرف بهینه، و آموزش کشاورزان درباره روش‌های پایدار است. در نهایت، تدوین قوانین سخت‌گیرانه‌تر و همکاری بین‌المللی برای کاهش اثرات منفی کودها، نه‌تنها یک تکلیف اخلاقی، بلکه ضرورتی برای حفظ سلامت انسان و بقای کشاورزی پایدار است.

واژگان کلیدی: کودهای شیمیایی؛ کشاورزی پایدار؛ سلامت زیست‌محیطی؛ سلامت غذایی

نویسنده مسئول: محمد میرزایی حیدری؛ **پست الکترونیک:** mirzaeiheydari@iau.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۵/۰۹؛ **تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

خواهشمند است این مقاله به روش زیر مورد استناد قرار گیرد:

Mirzaei Heydari M, Chamani A. The Ethics of Chemical Fertilizer Use in Sustainable Crop Production and Environmental Damage Reduction. Akhlaq-i zisti, i.e., Bioethics Journal. 2025; 15: e25.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهانی به بیش از ۸ میلیارد نفر، تقاضا برای محصولات زراعی تا سال ۲۰۵۰ حدود ۶۰٪ رشد پیش‌بینی‌شده دارد (۱). کودهای نیتروژنی، فسفاتی، و پتاسیمی به‌عنوان ستون فقرات این تحول عمل کرده‌اند، به‌طوری‌که ۵۰٪ از تولیدات کنونی غلات وابسته به آن‌هاست. با این حال، مصرف بی‌رویهٔ این مواد به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه منجر به مشکلات و مسائل اخلاقی پیچیده‌ای شده است (۲-۳).

تغییرات اقلیمی، دارایی‌های ناکافی و تخریب زمین همگی موانعی برای کشاورزی مدرن ایجاد می‌کنند (۴). در سناریوی کنونی، صنعت کشاورزی عمدتاً به استفاده از کودهای شیمیایی وابسته است که بر سلامت خاک، انسان و بهره‌وری محصول تأثیر می‌گذارند (۵). امروزه تلاش دانشمندان علوم زراعت و استفاده از نتایج تحقیقات آن‌ها در زمینه محصولات زراعی، عامل چهار برابر شدن متوسط عملکرد محصولات و شش برابر شدن کل برداشت در قرن گذشته بوده است، اما دانش کشاورزی و زیست‌شناسی با وجود کاربرد سموم و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به طور فزاینده‌ای در شمار تهدیدات علیه سلامت انسان، دام، تخریب محیط زیست و بیش از همه غذاهای غیراستاندارد و زیانبار قرار گرفته است (۶). دانشمندان علوم کشاورزی برای اینکه در توسعه انسانی سهیم باشند، چاره‌ای جز اعاده اعتبار و پذیرش همگانی ندارند. این فرآیند می‌تواند با تحلیل روندهای جهان پیرامون ما و چالش‌های علمی ناشی از آن‌ها از منظری اخلاق‌محور آغاز شود. بین رشد جمعیت و تقاضای غذا رابطه مستقیم وجود دارد. از آنجایی که جمعیت جهان همچنان در حال افزایش است، نیاز به افزایش تولید مواد غذایی برای تأمین نیاز غذایی جمعیت وجود دارد (۷-۸)، به‌طوری‌که یکی از مهمترین نیازهای فیزیولوژیکی انسان، نیاز به غذاست. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که سیستم کشاورزی متداول با کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، منابع طبیعی را دچار تحلیل کرده (۹) و خسارت جبران‌ناپذیری را بر سلامتی انسان‌ها وارد می‌سازند (۱۰). رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا در قرن گذشته موجب تحولی شگرف در کشاورزی شد. مصرف کودها و سموم شیمیایی و کاشت گونه‌های پرمحصول زراعی و باغی موجب افزایش تولیدهای کشاورزی شد اما این روند فزاینده محصولات با آثار زیست‌محیطی مانند آلودگی منابع آب و خاک، آفت‌ها و بیماری‌های گیاهی، و نیز مسائلی مانند سوء تغذیه و بیماری‌ها بر اثر کاهش کیفیت مواد غذایی انسان همراه بوده است (۱۱-۱۲).

ناکافی بودن تولید در نظام‌های سنتی جهت پاسخ به نیازهای روزافزون جمعیت منجر به پیدایش نظام‌های زراعی تجاری یا صنعتی و پس از آن نظام کشاورزی سبز گردید تا بدین‌وسیله به‌طور مقطعی، با کاربرد نهاده‌های شیمیایی، بذرهای اصلاح‌شده و ابزارهای جدید به نیازهای غذایی بشر پاسخ دهد. اما در این راستا تغییرات اقلیمی، دارایی‌های ناکافی و تخریب زمین همگی موانعی برای کشاورزی مدرن ایجاد می‌کنند. در سناریوی کنونی، صنعت کشاورزی عمدتاً به استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی وابسته است که بر سلامت خاک و بهره‌وری محصول تأثیر می‌گذارند (۱۳-۱۴).

مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها و شیوه‌های کشاورزی غیردقیق تخریب بوم‌های طبیعی و منابع تولید محصولات کشاورزی را تشدید کرد (۱۵). در سال‌های اخیر، نگرانی‌هایی در سطح جهانی درباره عواقب و اثرات جانبی برخی از فعالیت‌های کشاورزی به محیط زیست و جامعه ابراز شده است (۱۰). نظام‌های کشاورزی مدرن مورد انتقاد شدید قرار گرفته‌اند و یک اجماع جهانی در حمایت از محیط زیست طبیعی به وجود آمده تا نوعی کشاورزی را توسعه دهد که بتواند ضمن افزایش بهره‌وری، کمترین آسیب را به محیط زیست وارد سازد. از این رو، بشر با ارائهٔ تدابیری مانند کشاورزی ارگانیک، سعی در جلوگیری از این روند فاجعه‌آمیز نمود (۱۶-۱۷).

دیرزمانی است که گروه‌های اندیشمند سعی نموده‌اند تا اخلاق را به صورت تخصصی برای اقشار مختلف بیان کنند و ارج و حرمت آن را برای گروه‌های خاص روشن نمایند. اسلام از آغاز کار خود را بر مبنای اخلاق استوار نمود و اخلاق کشاورزی نیز می‌تواند خود را در این دریای بیکران آیات الهی و فرهنگ شکل‌یافته در پرتو آن، باز یابد و به ابهامات پیش‌آمده پاسخ

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

دهد. اصول اخلاق هر حرفه‌ای بیانگر ارزش‌های پایدار و محوری اعضاء آن حرفه در ارتباط با جامعه و گروه‌های ذینفع آن حرفه می‌باشد و لازم است با اعتلای اخلاق حرفه‌ای در جهت حقوق و صیانت از جامعه و گروه‌های صاحب حقوق مشترک کوشش نموده تا ضرر و زیان‌های احتمالی ناشی از عملکرد حرفه‌ای آنان به حداقل برسد (۱۸).

۱. پیشینه تحقیق

استفاده روزافزون از کودها و سموم دفع آفات در کشاورزی موضوعی داغ برای سال‌های متمادی بوده است. در حالی که این ترکیبات شیمیایی برای تقویت رشد محصولات کشاورزی و محافظت از آن‌ها در برابر بیماری‌ها طراحی شده‌اند، اما به‌عنوان اثرات نامطلوب بر سلامت انسان نیز شناخته شده‌اند. کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات اخیراً باعث آلودگی محیط زیست و آب شده‌اند. منابع اولیه قرار گرفتن در معرض این مواد شیمیایی غذا، آب و محیط زیست هستند که همگی به‌طور غیرمستقیم یا مستقیم بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارند (۱۹). تولید محصولات زراعی و کشاورزی در سراسر جهان به نحوی در حال تغییر است که انسان قادر است تا با تلاش‌کمتر و در یک مساحت مشخص، با مصرف نهاده‌های نوین کشاورزی، محصول بیشتری را تولید کند، اما مسأله این است که برخی از روش‌های مورد استفاده مثل مصرف بی‌رویه نهاده‌ها به صورتی موجب تخریب منابع تولید در کشاورزی می‌شوند که می‌توان پیش‌بینی کرد که اراضی کشاورزی به سرعت محدودتر خواهند شد (۲۰).

کشاورزی صنعتی مزیت قابل توجهی برای بشریت ندارد، جز اینکه منبع درآمد هنگفتی برای برخی از تولیدکنندگان و سرمایه‌داران صنایع ماشین‌آلات و مواد شیمیایی است. آمارهای رسمی و بین‌المللی اعلام می‌کنند که سالانه صدها میلیون نفر در جهان از بی‌غذایی و یا کم‌غذایی و سوء تغذیه می‌میرند. از سوی دیگر، به علت صدمات وارده به محیط زیست، ازجمله تخریب مراتع و کشتزارها، بی‌آبی و گسترش صحراها و ... که بخش عمده‌ای از آن محصول ماشینی و صنعتی شدن زندگی انسان است بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی، قابلیت خود را از دست داده‌اند. کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات، دو عامل اصلی شناخته شده در تخریب محیط زیست، آلوده کردن آب‌های آشامیدنی، رودخانه‌ها، سواحل دریاها و تولیدات کشاورزی و تهدیدکننده حیات برخی از گیاهان و پرندگان و آبزیان و مضر سلامتی انسان است (۲۱). در پژوهشی که توسط الیسا و کارلوس توریکو (۲۰۰۹) صورت گرفت، مشخص شد که پتانسیل بالایی برای کشاورزی ارگانیک (کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و دیگر آلاینده‌ها) جهت بهبود امنیت غذایی به ویژه در سطح محلی و جامعه برای کشاورزان خرد در کشورهای در حال توسعه با فراهم کردن کشاورزی متنوع مواد مغذی و کمک به بازیابی دانش سنتی مورد نیاز برای تولید وجود دارد. در پژوهشی که توسط وارست و همکاران (۲۰۰۹) صورت گرفت، مشخص شد که کشاورزی ارگانیک باید به‌عنوان یک راهبرد برای توسعهٔ جامعه و سیستم غذای پایدار برای بهبود امنیت غذایی خانوار به کار گرفته شود. فلسفه کشاورزی پایدار، واکنش به نگرانی‌هایی است که در ارتباط با پیامدهای منفی کشاورزی رایج نظیر تخلیه منابع تجدیدناپذیر، زوال خاک و سلامت محیط زیست، اثرات مواد شیمیایی در کشاورزی، فقدان عدالت اجتماعی، نادیده گرفتن جنبه‌های اخلاقی به ویژه اخلاق زیستی، زوال ساختارهای اجتماعی و فرهنگی، عدم امنیت غذایی جهانی و کاهش خوداتکایی سامانه‌های کشاورزی وجود دارد. کشاورزی پایدار رهیافتی است که رسالت خویش را زمانی به فرجام می‌رساند که ضمن تأمین امنیت غذای جهانی، جنبه‌های اخلاقی تولید محصولات کشاورزی نیز رعایت گردد (۲۶-۲۲).

در کشاورزی طبیعی، مزرعه به عنوان بخشی از طبیعت و حفظ سلامت و تمامیت طبیعت، اساس این سامانه است، بنابراین هرگونه فعالیتی که موجب زوال و اضمحلال طبیعت و محیط زیست باشد و ارزش ذاتی آن را زیر پا بگذارد، مردود شناخته می‌شود. کاربرد کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی در درازمدت و استفاده نابه‌جا از آن‌ها موجب تباهی سامانه‌های زراعی و طبیعی از طریق از هم‌گسیختگی چرخه حیات خاک،

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

آلودگی آب‌های زیرزمینی، تهدید سلامت انسان و نابودی گونه‌های مفید و غیرمفید و ... می‌شوند و ازاین‌رو در کشاورزی طبیعی جایگاهی ندارند (۲۵-۲۶).

۲. مفهوم‌شناسی اخلاق و ضرورت بحث

نخست لازم است به مفهوم‌شناسی اخلاق و سویه‌های ارتباط آن با موضوعات اجتماعی و محیط زیستی و به طور خاص موضوع تحقیق حاضر اشاره داشت. اخلاق در لغت به معنای مجموعهٔ عادت‌ها و رفتارهای فرهنگی پذیرفته‌شده میان مردم یک جامعه؛ رفتار، خلق و خوی، خوی‌های پسندیده، رفتار شایسته و پسندیده و ... آمده است (۲۷). اخلاق هر جامعه معیار بایدها و نبایدهای رفتاری را تعیین می‌کند و انسان اجتماعی را در مسیر زندگی غایتمند خود به سمت کمال، فضیلت و سعادت هدایت می‌کند. اخلاق هم خاستگاه دینی دارد و هم متأثر از عرف، فرهنگ، تاریخ و سایر پدیده‌های اجتماعی است (۲۸). به عبارتی اخلاق عبارت است از اصول ارزشی و هنجاری یک جامعه که در رفتار افراد انعکاس می‌یابد. تمامی فرهنگ‌ها در بطن خود دارای اصول اخلاقی‌اند و آنچه آن‌ها را از یکدیگر جدا می‌سازد، تفاوت در آرمان‌ها و کمال است. نظام‌های فکری و اعتقادی برای رسیدن به کمال مطلوب خود، به نظام اخلاقی منطبق با خود نیاز دارند (۲۹). به‌طورکلی، رفتار ارتباطی درون شخصی و برون شخصی فرد در زندگی شخصی و زندگی شغلی، و همچنین رفتار ارتباطی سازمان با محیط و نیز تعامل نهادهای اجتماعی با یکدیگر و ... بر مبنای اخلاق قوام، می‌یابد. رفتار درون‌شخصی فرد در قبال خود می‌تواند در قالب صداقت و خود محاسبه‌گری و ... مطرح گردد و رفتار برون شخصی در ارتباط با دیگران، به رفتار ارتباطی بین شخصی فرد با دیگران و رفتار فرد با طبیعت و خدا قابل تقسیم است (۳۰).

ضرورت بحث درباره اخلاق مصرف کودهای شیمیایی، هنگامی آشکار می‌شود که این عمل را فراتر از یک تصمیم فنی-اقتصادی، به‌عنوان یک رفتار ارتباطی برون‌شخصی در قبال طبیعت و نسل‌های آینده در نظر بگیریم. بر اساس دیدگاه اخلاقی قوام‌بخش، رابطه انسان با محیط زیست- که منبع تولید غذاست- نیازمند پایبندی به اصول اخلاقی است تا پایدار و ثمربخش باقی بماند. مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی، که صرفاً بر مبنای خودمحاسبه‌گری کوتاه‌مدت اقتصادی و افزایش عملکرد قرار دارد، در واقع نقض این رابطه اخلاقی است. این رویکرد، صداقت در قبال زمین را زیر پا می‌گذارد و مسئولیت‌پذیری در قبال پیامدهای بلندمدت را نادیده می‌گیرد. بنابراین، بحث اخلاقی در این حوزه، در پی ترویج یک خودمحاسبه‌گری عمیق‌تر و مسئولانه‌تر است که سود آنی را در ترازوی هزینه‌های محیط زیستی و سلامت عمومی بسنجد.

روش

این تحقیق برحسب هدف، کاربردی و از نظر روش‌شناسی از نوع تحقیق توصیفی - تحلیلی است. در این مطالعه با جستجو در منابع کتابخانه‌ای و نیز بانک‌های اطلاعاتی، داده‌های لازم در ارتباط با اخلاق مصرف کود شیمیایی در تولید محصولات زراعی و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی بررسی و تحلیل گردیده است.

یافته‌ها

استفاده نامتعادل کودهای شیمیایی و تهدید جدی اکوسیستم‌های زیستی، از منظر اخلاقی و چشم‌انداز تعادل بین منافع کوتاه‌مدت (مانند سود اقتصادی) و پیامدهای بلندمدت (نظیر تخریب محیط زیست و سلامت انسان) نیازمند بازنگری است. همچنین، عدم آگاهی کشاورزان و نابرابری در دسترسی به کودهای باکیفیت بین کشاورزان خرده‌مالک و شرکت‌های بزرگ زراعی، مسئله اخلاق مصرف کود را برجسته می‌کند.

در حال حاضر، الگوی غالب مصرف کودهای شیمیایی، مبتنی بر نگاهی یک‌سویه و کوتاه‌مدت به زمین به‌عنوان یک منبع صرفاً اقتصادی است. این نگاه، منجر به استفاده نامتعادل و فراتر از ظرفیت جذب اکوسیستم‌های زراعی شده است. پیامد این امر، تنها کاهش حاصل‌خیزی خاک در بلندمدت نیست، بلکه بروز مشکلات پیچیده‌تری مانند خطرات تهدیدکننده

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

منابع آبی، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات، و افزایش خطر ابتلای جامعه به بیماری‌های مرتبط است. از منظر اخلاقی، این رویکرد، اصل عدالت بین‌نسلی را نقض می‌کند، چرا که منافع اقتصادی محدود کنونی، به بهای تحمیل هزینه‌های گزاف بهداشتی و زیست‌محیطی بر نسل‌های آینده تمام می‌شود.

علاوه بر این، شکاف دانشی و ساختاری در دسترسی به نهاده‌ها، بُعد دیگری از این بی‌عدالتی را آشکار می‌سازد. کشاورزان خرده‌مالک که سهم عمده‌ای در تأمین امنیت غذایی دارند، غالباً به دلیل محدودیت مالی و دانش فنی، از دسترسی به کودهای باکیفیت و توصیه‌های کارشناسی دقیق محروم هستند. این در حالی است که شرکت‌های بزرگ زراعی با برخورداری از این امکانات، الگوی مصرف را تعیین می‌کنند. بنابراین، مسئله مصرف کودهای شیمیایی فراتر از یک چالش فنی، به یک معضل اخلاقی-اجتماعی تبدیل شده که حل آن مستلزم بازتعریف قواعد اخلاقی رابطه انسان با طبیعت و بازتوزیع عادلانه دانش و منابع است.

بحث

۱. پیامدهای منفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی

۱-۱. آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی: مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه منجر به شستشوی نیترات به آب‌های زیرزمینی می‌شود که آلودگی منابع آب آشامیدنی و افزایش شیوع بیماری‌های خطرناک همچون مت‌هموگلوبین‌میا (Methemoglobinemia) (سندروم کودک آبی) و سرطان‌های گوارشی در مناطق روستایی را در پی دارد (۳۱). علاوه بر این می‌توان به پدیده اوتریفیکاسیون (Eutrophication) آب‌ها اشاره کرد. ورود فسفات و نیتروژن به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها باعث رشد بی‌رویه جلبک‌ها و کاهش اکسیژن آب (هیپوکسی) و مرگ آبزیان می‌شود (۳۲).

۱-۲. تخریب ساختار خاک و کاهش حاصلخیزی: در این رابطه عارضه کاهش مواد آلی خاک قابل انتظار است. استفاده مداوم از کودهای شیمیایی بدون بازگرداندن مواد آلی به خاک، باعث فقیر شدن خاک از کربن آلی، تشدید فرسایش در مزارع تک‌کشتی و کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید می‌شود (۳۳).

همچنین باید از شور شدن و اسیدیته شدن خاک گفت چرا که تجمع نمک‌های معدنی و کاهش pH خاک در اثر مصرف کودهای آمونیومی، جذب عناصر غذایی را مختل می‌کند (۳۴).

۱-۳. تهدید سلامت انسان: تجمع نیترات در محصولات و وجود فلزات سنگین از جمله عواملی است که می‌تواند سلامت انسان را به مخاطره اندازد. سبزیجات برگ‌دار مانند اسفناج و کاهو ممکن است نیترات بالایی جذب کنند که در بدن به نیتروزامین‌های سرطان‌زا تبدیل می‌شود (۳۵).

همچنین، برخی کودهای فسفاته حاوی فلزات سنگین کادمیوم و سرب هستند که در زنجیره غذایی تجمع یافته و خطرات عصبی و کلیوی ایجاد می‌کنند (۳۶).

۱-۴. کاهش تنوع زیستی و مقاومت آفات: در فرایند تغییر تعادل میکروبی خاک، کاهش جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاک روی می‌دهد که سیستم ایمنی طبیعی گیاهان را تضعیف می‌کند (۳۷). از سوی دیگر، استفاده نامتعادل از کودها، باعث رشد سریع علف‌های هرز و تکامل آفات مقاوم به سموم می‌شود (۳۸).

۲. زمینه‌های بی‌توجهی کشاورزان به عوارض کودهای شیمیایی

۲-۱. عدم آگاهی و آموزش ناکافی: بسیاری از کشاورزان سنتی از اثرات بلندمدت کودهای شیمیایی اطلاعی ندارند و تنها به افزایش کوتاه‌مدت عملکرد توجه می‌کنند. نبود برنامه‌های ترویجی مؤثر از سوی مراکز تحقیقاتی و دولتی، باعث تداوم روش‌های نادرست می‌شود (۳۹).

۲-۲. فشار اقتصادی و تمایل به بازدهی سریع: کشاورزان برای کاهش هزینه‌ها و افزایش سریع تولید، ترجیح می‌دهند از کودهای شیمیایی ارزان‌قیمت اما پرخطر استفاده کنند. سیاست‌های حمایتی نادرست (مانند یارانه کود شیمیایی) بدون نظارت بر مصرف بهینه، مشکل را تشدید می‌کند.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

۲-۳. نبود دسترسی به جایگزین‌های مناسب: در بسیاری از مناطق، کودهای زیستی و آلی به اندازه کافی در دسترس نیستند یا قیمت بالاتری دارند. همچنین، فقدان سیستم‌های نظارتی بر کیفیت کودهای بیولوژیک، اعتماد کشاورزان را کاهش داده است.

۳. راهکارهای کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی

۳-۱. آموزش و ترویج کشاورزی پایدار: آموزش و ترویج کشاورزی پایدار از طریق برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای کشاورزان در مورد تست خاک، مصرف بهینه کود و روش‌های جایگزین قابل تحقق است. توسعه برنامه‌های رسانه‌ای و مشاوره‌های فنی برای افزایش آگاهی نیز در این زمینه مفید فایده خواهد بود.

۳-۲. توسعه کودهای زیستی و آلی: ترویج استفاده از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک (مانند ریزوبیوم و مایکوریزا) (۴۰-۴۱)، از دیگر راهکارها به شمار می‌روند؛ علاوه بر این، حمایت از تولید داخلی کودهای زیستی و کاهش قیمت آن‌ها از طریق یارانه‌های هدفمند، باید مدنظر قرار گیرد.

۳-۳. اجرای کشاورزی دقیق و مدیریت یکپارچه تغذیه: اجرای رویکرد کشاورزی دقیق و استقرار نظام مدیریت یکپارچه تغذیه، یکی از راهبردهای اساسی در جهت مصرف بهینه نهاده‌ها و کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی به شمار می‌آید. در این چارچوب، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین از جمله سنجش از دور، سیستم‌های موقعیت‌یاب جغرافیایی و نتایج حاصل از آزمایش‌های منظم خاک، امکان تعیین دقیق نیازهای تغذیه‌ای گیاه را در هر واحد زراعی فراهم می‌سازد. این دقت در تشخیص نیاز واقعی گیاه، از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جلوگیری کرده و به افزایش کارایی جذب عناصر غذایی منجر می‌شود.

از سوی دیگر، تلفیق هدفمند کودهای شیمیایی با کودهای آلی، به‌عنوان بخشی از مدیریت یکپارچه تغذیه گیاهی، نقش مهمی در کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و ارتقای حاصلخیزی پایدار خاک ایفا می‌کند. استفاده از کودهای آلی ضمن بهبود ساختار فیزیکی و فعالیت زیستی خاک، موجب افزایش کارایی کودهای شیمیایی و کاهش تلفات عناصر غذایی در محیط می‌شود (۴۲).

۳-۴. سیاست‌گذاری و قوانین نظارتی: سیاست‌گذاری مؤثر و تدوین قوانین نظارتی کارآمد، نقش تعیین‌کننده‌ای در هدایت الگوی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش پیامدهای منفی آن بر سلامت انسان و محیط زیست دارد. اعمال محدودیت‌های قانونی بر تولید، توزیع و فروش کودهای شیمیایی پرخطر، به‌ویژه آن دسته از کودهایی که دارای عناصر آلاینده یا پتانسیل بالای آلودگی آب و خاک هستند، می‌تواند از مصرف بی‌رویه و غیراصولی این نهاده‌ها در بخش کشاورزی جلوگیری کند. در همین راستا، نظارت مستمر بر میزان و شیوه مصرف کودها در مزارع، از طریق سازوکارهای کنترلی و گزارش‌دهی، امکان ارزیابی و اصلاح رفتارهای نادرست را فراهم می‌سازد.

همچنین، بهره‌گیری از ابزارهای اقتصادی نظیر اختصاص یارانه و مشوق‌های مالی به کودهای سازگار و دوست‌دار محیط زیست، می‌تواند انگیزه کشاورزان را برای جایگزینی روش‌های پایدار به‌جای الگوهای سنتی و پرخطر افزایش دهد. این سیاست‌های حمایتی، در کنار آموزش و ترویج شیوه‌های نوین کشاورزی پایدار، زمینه تغییر نگرش و رفتار تولیدکنندگان را فراهم کرده و به استقرار نظامی مسئولانه در مصرف نهاده‌های شیمیایی منجر می‌شود.

۴. مبانی نظری اخلاق در کشاورزی مدرن

۴-۱. اخلاق زیست‌محیطی و مسئولیت بین‌نسلی

طبق نظریهٔ هانس یوناس (Hans Jonas)، انسان‌ها مسئولیت اخلاقی دارند تا «شرایط ادامهٔ حیات بشریت» را حفظ کنند. مصرف کودهایی که موجب اسیدی شدن اقیانوس‌ها یا کاهش تنوع‌زیستی می‌شوند، ناقض این اصل است. برای مثال، انتشار اکسیدنیتروژن (N_2O) یک گاز گلخانه‌ای با ۳۰۰ برابر قدرت گرمایشی دی‌اکسیدکربن(CO_2) ناشی از کودهای نیتروژنی، تهدیدی برای نسل‌های آینده محسوب می‌شود (۴۳).

۴-۲. اخلاق اقتصادی و عدالت توزیعی: جان رالز (John Rawls) در نظریهٔ عدالت خود بر «توزیع عادلانهٔ منابع» تأکید می‌کند. در حالی که کشاورزان صنعتی با دسترسی به کودهای

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

دقیق کندرهش (Slow-release fertilizers) بازدهی خود را بهینه می‌کنند، ۵۰۰ میلیون کشاورز خرده‌پا در آفریقا و آسیا به دلیل قیمت بالای کودها، سالانه ۳۰–۵۰٪ کاهش عملکرد را تجربه می‌کنند. این نابرابری، چالشی اخلاقی در سطح جهانی به شمار می‌رود (۴۴-۴۵).

۴-۳. اخلاق پزشکی و سلامت عمومی: از منظر اخلاق پزشکی و سلامت عمومی، اصل پیشگیری از آسیب ایجاب می‌کند که هرگونه سیاست یا اقدام در حوزه تولید و مصرف مواد غذایی، به‌گونه‌ای طراحی شود که از بروز خطرات قابل پیش‌بینی برای سلامت انسان جلوگیری کند. در این چارچوب، تجمع باقیمانده‌های نیتراتی در محصولات کشاورزی، به‌ویژه سبزیجات برگدار نظیر اسفناج، و همچنین نفوذ نیترات‌ها به منابع آب آشامیدنی، به‌عنوان یکی از پیامدهای مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، نگرانی‌های جدی اخلاقی و بهداشتی ایجاد کرده است. شواهد علمی نشان می‌دهد که قرارگیری طولانی‌مدت در معرض نیترات‌ها می‌تواند با افزایش ریسک بروز سرطان‌های دستگاه گوارش، به‌ویژه سرطان معده و مثانه، ارتباط معنادار داشته باشد.

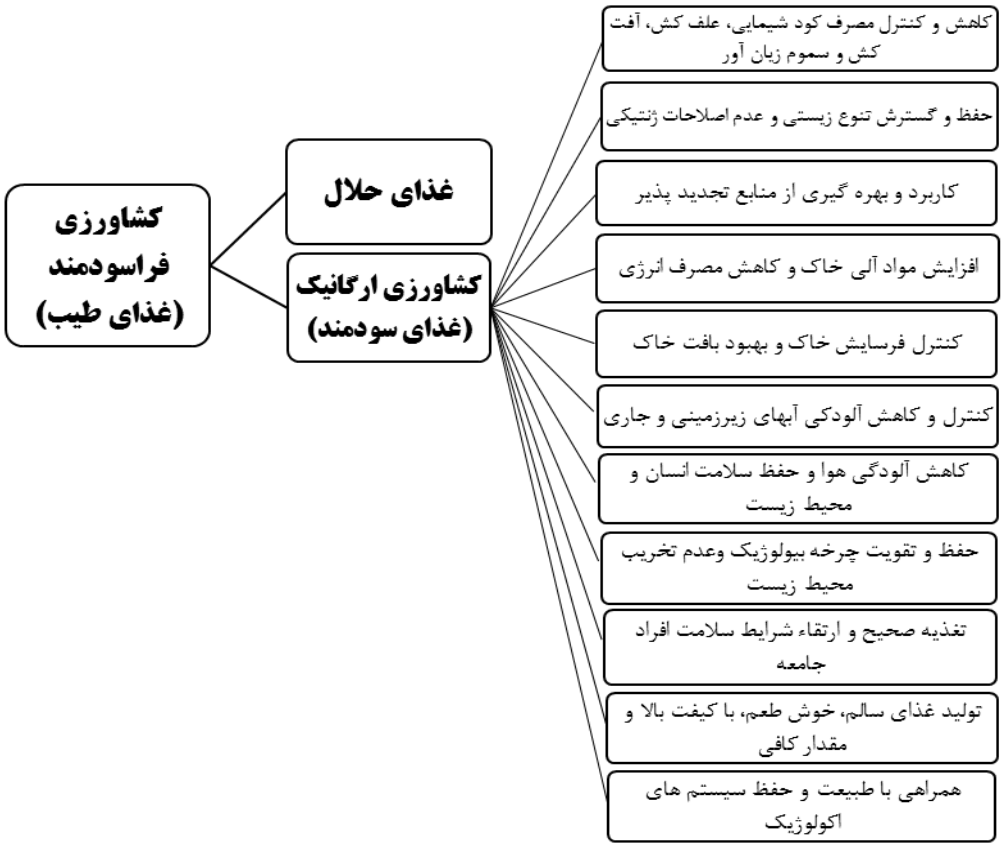
بر اساس نتایج مطالعهٔ منتشرشده از سوی سازمان بهداشت جهانی (۲۰۲۴)، حدود ۱۵ درصد از موارد ابتلا به سرطان در مناطق کشاورزی ایران به آلودگی نیتراتی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی نسبت داده شده است. این امر، مسئولیت اخلاقی دولت‌ها، نهادهای نظارتی و تولیدکنندگان را در کنترل مصرف کودهای شیمیایی و پایش مستمر کیفیت محصولات غذایی و آب آشامیدنی برجسته می‌سازد. از منظر سلامت عمومی، بی‌توجهی به این مخاطرات علاوه بر اینکه نقض حق بر سلامت شهروندان محسوب می‌شود، می‌تواند به افزایش بار بیماری‌ها، هزینه‌های درمانی و نابرابری‌های سلامت، به‌ویژه در جوامع روستایی و کشاورزی، منجر گردد.

۵. کودهای شیمیایی و اخلاق مصرف در تولید محصولات زراعی

مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی، اگرچه نقش انکارناپذیری در افزایش عملکرد کشاورزی دارد، اما به دلیل پیامدهای مخرب زیست‌محیطی و تهدید سلامت انسان، مستلزم رعایت اصول اخلاق مصرف است. استفاده بی‌رویه از این کودها منجر به آلودگی منابع آب (ناشی از نفوذ نیترات و فسفات)، تخریب ساختار خاک، کاهش تنوع زیستی و تجمع ترکیبات سمی در زنجیره غذایی می‌شود که تهدیدی جدی برای اکوسیستم‌ها و سلامت عمومی محسوب می‌گردد (۲۴، ۴۷). از منظر اخلاقی، کشاورزان، سیاست‌گذاران و صنایع تولیدکننده موظفند با پیروی از اصل احتیاط، تعادل بین بهره‌وری کشاورزی و پایداری محیط زیست را حفظ کنند (۴۸). این امر مستلزم به‌کارگیری روش‌های مدیریت تلفیقی مواد مغذی، توسعه کودهای هوشمند با رهایش کنترل‌شده و ترویج کشاورزی دقیق برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (۴۹).

همچنین، آموزش کشاورزان در مورد دوزهای بهینه و زمان‌بندی مناسب مصرف کود، همراه با سیاست‌گذاری‌های نظارتی، می‌تواند به حداقل‌رسانی مخاطرات کمک کند (۵۰). در نهایت، رعایت اخلاق مصرف در این حوزه نه‌تنها یک مسئولیت اجتماعی، بلکه شرط ضروری برای تضمین امنیت غذایی نسل‌های حاضر و آینده بدون تخریب بیشتر کره زمین است.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.



شکل ۱. کشاورزی عاری از مصرف نهاده‌های شیمیایی و تولید محصولات ارگانیک (۱۸).

نتیجه‌گیری

استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی مدرن به‌عنوان یک ضرورت برای تأمین امنیت غذایی جهانی شناخته می‌شود، اما پیامدهای اخلاقی آن در حوزهٔ محیط زیست، سلامت عمومی، و عدالت اجتماعی به موضوعی بحث‌برانگیز تبدیل شده است. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی تهدیدی جدی برای محیط زیست، سلامت انسان و پایداری کشاورزی است. بی‌توجهی کشاورزان به این مسئله ناشی از عوامل متعددی ازجمله کمبود آموزش، فشار اقتصادی و نبود جایگزین‌های مناسب است. برای حل این مشکل، ترکیبی از آموزش، توسعه فناوری‌های پایدار، سیاست‌گذاری هوشمند و مشارکت کشاورزان ضروری است. تنها با مدیریت یکپارچه و مسئولانه می‌توان به کشاورزی پایدار و امنیت غذایی بلندمدت دست یافت. لذا به نظر می‌رسد رویکردهای فعلی در مصرف کودها نیازمند بازتعریف‌های اخلاقی مبتنی بر «عدالت بین‌نسلی» و «حفاظت از اکوسیستم‌های شکننده» است. راهکارهای پیشنهادی شامل تبیین اخلاق مصرف کود شیمیایی، توسعهٔ فناوری‌های دقیق، تقویت قوانین بین‌المللی و ترویج کشاورزی احیاءگر (Regenerative Agriculture) است. اخلاق مصرف کود در کشاورزی مدرن نیازمند تحول پارادایمی از «تولید بیشتر به هر قیمت» به سوی «تولید مسئولانه و اخلاقی با تکیه بر تاب‌آوری اکولوژیک» است. راهکارهای فناورانه تنها زمانی پایدار خواهند بود که با چارچوب‌های اخلاقیِ عدالت‌محور، حفاظت از منابع طبیعی، و احترام به کرامت انسانی کشاورزان همراه شوند. همان‌گونه که واندانا شیوا (Vandana Shiva)، فیلسوف هندی، تأکید می‌کند: «خاک تنها یک منبع اقتصادی نیست؛ او مادری است که حیات را پرورش می‌دهد».

مشارکت نویسندگان

محمد میرزایی حیدری: طراحی ایده، گردآوری داده‌ها و نگارش متن مقاله.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

عاطفه چمنی: گردآوری داده‌ها، بازبینی و اصلاح متن مقاله.
نویسندگان نسخه نهایی را مطالعه و تأیید نموده و مسئولیت پاسخگویی در قبال پژوهش را پذیرفته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع احتمالی را در رابطه با تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله اعلام نکرده‌اند.

تشکر و قدردانی

ابراز نشده است.

تأمین مالی

نویسندگان اظهار می‌نمایند حمایت مالی محدودی از طرف معاونت محترم فرهنگی دانشجویی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) جهت تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله صورت گرفت.

ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر جنبه‌های اخلاقی مطالعه کتابخانه‌ای شامل اصالت متون، صداقت و امانتداری رعایت شده است.

بیانیه هوش مصنوعی

نویسندگان اعلام می‌دارند که در فرایند تحقیق، نگارش و ویرایش این مقاله، از هیچ‌گونه ابزار هوش مصنوعی استفاده نشده است.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

References

1. Muchhadiya RM, Gohil B, Yadahalli V, Hm AU, Siddiqua A, Khayum A, Behera HS, Kumar S. Feeding the world: Agronomic innovations to meet the challenges of a growing population. Int. J. Res. Agron. 2024; 7: 790-802.

2. Ludemann CI, Wanner N, Chivenge P, Dobermann A, Einarsson R, Grassini P, Gruere A, Jackson K, Lassaletta L, Maggi F, Obli-Laryea G. A global FAOSTAT reference database of cropland nutrient budgets and nutrient use efficiency (1961–2020): nitrogen, phosphorus and potassium. Earth System Science Data. 2024; 16(1): 525-541.

3. Zhang B, Hu X, Yang Y, Deng X, Li B, Gong X, Xiang X, Cai X, Liu T. Comprehensive evaluation of groundwater quality in population-dense and extensive agricultural regions and study on its relationship with agricultural production and human activities. Environmental Geochemistry and Health. 2025; 47(3): 62.

4. Devlet A. Modern agriculture and challenges. Frontiers in Life Sciences and Related Technologies. 2021; 2(1): 21-29.

5. Sahu H, Kumar U, Mariappan S, Mishra AP, Kumar S. Impact of organic and inorganic farming on soil quality and crop productivity for agricultural fields: A comparative assessment. Environmental Challenges. 2024; 15: 100903.

6. Mirzaei Heidari M, Bagheri M. Chemical fertilizers and healthy food. Tayyeb international food conference. Food Science and Industry Research Institute, Mashhad University of Medical Sciences and Razavi Quality Institute. Mashhad. 2022. 715-719. [Persian]

7. Daniel AI, Fadaka AO, Gokul A, Bakare OO, Aina O, Fisher S, Burt AF, Mavumengwana V, Keyster M, Klein A. Biofertilizer: the future of food security and food safety. Microorganisms. 2022; 10(6): 1220.

8. Krasilnikov P, Taboada MA, Amanullah. Fertilizer use, soil health and agricultural sustainability. Agriculture. 2022; 12(4): 462.

9. Ajoudani Z, Mehdizadeh H. Exploring the possibility of developing and promoting organic agriculture in Kermanshah province from the perspective of agricultural experts. Agricultural Extension and Education Research. 2009; 2(4): 73-65. [Persian]

10. Soleimani S. Factors affecting the acceptance of sustainable agriculture by wheat farmers in the form of a wheat-based plan (Marvdasht region). Journal of Agricultural Extension and Education. 2008; 1 (3): 69-80. [Persian]

11. Mirzaei Heydari M, Brook RM, Jones DL. Barley Growth and Phosphorus Uptake in Response to Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Solubilizing Bacteria. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2024; 55(6): 846-861.

12. Kiani GH, Liaghati H. Analysis of the economic conditions of converting conventional agriculture to organic agriculture using a dynamic linear programming model. Second National Conference on Ecological Agriculture of Iran, Gorgan. 2007. 2727-2737. [Persian]

13. Chaudhary P, Xu M, Ahamad L, Chaudhary A, Kumar G, Adeleke BS, Verma KK, Hu DM, Širić I, Kumar P, Popescu SM. Application of synthetic consortia for improvement of soil fertility, pollution remediation, and agricultural productivity: a review. Agronomy. 2023 Feb 23;13(3):643.

14. Heydari MM, Brook RM, Jones DL. The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (Hordeum vulgare L.). Journal of plant nutrition. 2019; 42(1): 1-5.

15. Lobley M, Butler A, Reed M. The contribution of organic farming to rural development: An exploration of the socio-economic linkages of organic and non-organic farms in England. Land use policy. 2009; 26(3): 723-735.

16. Rajabi A, Shabanali Fami H, Pouratashi M. Investigating the components of acceptance of organic agricultural products from the perspective of consumers (a case study of Karaj city). Quarterly Journal of Food Sciences and Industries. 2013; 38: 33-43. [Persian]

17. Arefi A, Mirzaei Heydari M, Maleki A. Study the Possibility of replacing Triple Super Phosphate Chemical Fertilizer by Using Biological Fertilizers in Mungbean (Vigna radiate L.) Cultivation. Iranian Journal of Field Crop Science. 2024; 55(4): 179-91. [Persian]

18. Mirzaei Heidari M, Naderi Darbaghshahi MR. Application of ethical values in organic agriculture. Quarterly Journal of Quality and Sustainability of Agricultural and Food Products. 2024; 3(4): 76-89. [Persian]

19. Dhankhar N, Kumar J. Impact of increasing pesticides and fertilizers on human health: A review. Materials Today: Proceedings. 2023.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

20. Abedi-Sarvestani A, Shahvali M. The role of agricultural extension in promoting environmental ethics of farmers. Journal of Ethics in Science & Technology. 2009; 4: 120-130.

21. Karimi Laski B. Investigating the Relationships between Islam, Environment and Organic Agriculture. The First National Conference on Medicinal Plants, Traditional Medicine and Organic Agriculture, Hamadan. 2014. 1-24. [Persian]

22. Elisa Naegeli F, Carlos Torrico J. The Potential of organic agriculture to improve food security. CienciAgro. 2009; 1(4): 144-155.

23. Vaarst M, Ssekyewa C, Halberg N, Juma M, Walaga C, Muwanga M, Andreasen L, Dissing A. Organic Agriculture for Improved Food Security in Africa. Recommendations to future development. Kampala. 2009.

24. Abedi SA. Origins, foundations and scope of agricultural ethics: A conceptual framework. International Journal of Ethics and Society. 2024; 6(1): 20-32.

25. Srivastav AL, Patel N, Rani L, Kumar P, Dutt I, Maddodi BS, Chaudhary VK. Sustainable options for fertilizer management in agriculture to prevent water contamination: a review. Environment, Development and Sustainability. 2024; 26(4): 8303-8327.

26. Mahdavi Damghani A, Moeen al-Dini Sh. Food security and bioethics in sustainable agriculture. Ethics in Science and Technology. 2011; 6(2):65-72. [Persian]

27. Anvari H, Akhyani J. Great dictionary of speech. Vol. 1. 1st ed. Tehran: Sokhan Publications; 2002. p. 812. [Persian]

28. Ahmadi Nodeh Kh, Akhavi Z, Raisi F, Rahimi AA. Surveying the level of knowledge of counselors and psychologists about the principles of professional ethics. Counseling Research (News and Counseling Research). 2010; 9(34): 49-67. [Persian]

29. Nadimi H. Kalak Doost: ten articles in art and architecture. Isfahan: Isfahan Municipality Cultural and Recreation Organization; 2007. p. 172. [Persian]

30. Qaramaleki AF. Professional ethics. Tehran: Majnoon Publications; 2019. p. 359. [Persian]

31. Chaudhary IJ, Chauhan R, Kale SS, Gosavi S, Rathore D, Dwivedi V, Singh S, Yadav VK. Groundwater Nitrate Contamination and its Effect on Human Health: A Review. Water Conservation Science and Engineering. 2025; 10(1): 33.

32. Lan J, Liu P, Hu X, Zhu S. Harmful algal blooms in eutrophic marine environments: causes, monitoring, and treatment. Water. 2024; 16(17): 2525.

33. Musa IO, Samuel JO, Adams M, Abdulsalam M, Nathaniel V, Maude AM, Adedayo OA, Tiamiyu AG. Soil erosion, mineral depletion and regeneration. InProspects for soil regeneration and its impact on environmental protection 2024 Feb 27 (pp. 159-172). Cham: Springer Nature Switzerland.

34. Jing T, Li J, He Y, Shankar A, Saxena A, Tiwari A, Maturi KC, Solanki MK, Singh V, Eissa MA, Ding Z. Role of calcium nutrition in plant Physiology: Advances in research and insights into acidic soil conditions-A comprehensive review. Plant Physiology and Biochemistry. 2024; 210: 108602.

35. Luetic S, Knezovic Z, Jurcic K, Perasovic ML, Sutlovic D. Nitrates and nitrites in leafy vegetables: The influence of culinary processing on concentration levels and possible impact on health. International journal of molecular sciences. 2025 Mar 26; 26(7): 3018.

36. Kumar P. Heavy metal contamination causes protein misfolding, leading to neurodegenerative disorders. InProtein Misfolding in Neurodegenerative Diseases 2025 Jan 1 (pp. 463-492). Academic Press.

37. Altieri MA, Nicholls CI, Dinelli G, Negri L. Towards an agroecological approach to crop health: reducing pest incidence through synergies between plant diversity and soil microbial ecology. npj Sustainable Agriculture. 2024; 2(1): 6.

38. Amin F, Jilani MI. Environmental, Microbiological and Chemical Implications of Fertilizers use in soils: A review. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. 2024; 25(18): 56-73.

39. Katherasala S, Bheenaveni RS, Thaduru S, Deekonda T. Farmers, Chemicals and Fertility of Soil: A Quest to Sustainability. Journal of Environmental & Earth Sciences. 2025; 7(3): 10-30564.

40. Najim Abdul Reda M, Mirzaei Heydari M. Effect of mycorrhizal inoculation, different amounts of zeolite and phosphorus chemical fertilizer on mung bean yield (Vigna radiate L.). Iranian Journal of Soil and Water Research. 2024; 55(9): 1633-1645. [Persian]

41. Niazi N, Mirzaei Heydari M. The effect of compost and vermicompost as biological fertilizers on qualitative and quantitative traits of cotton. Iranian Journal of Cotton Researches. 2019; 6(2): 25-42. [Persian]

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.

42. Qasim Saleh A, Mirzaei Heydari M. Effect of mycorrhizal inoculation, different amounts of zeolite and phosphorus chemical fertilizer on mung bean yield (Vigna radiate L.). Iranian Journal of Soil and Water Research. 2024; 55(4): 653-664. [Persian]

43. Aryal B, Gurung R, Camargo AF, Fongaro G, Treichel H, Mainali B, Angove MJ, Ngo HH, Guo W, Puadel SR. Nitrous oxide emission in altered nitrogen cycle and implications for climate change. Environmental Pollution. 2022; 314: 120272.

44. Chen, G. Equity and Welfare: An Analysis of Resource Allocation for Disadvantaged Individuals from The Perspective of Rawlsian Theory of Justice. 2023.

45. Amankwah A, Ambel A, Gourlay S, Kilic T, Markhof Y, Wollburg P. Fertilizer Price Shocks in Smallholder Agriculture. World Bank; 2024.

46. World Health Organization. World health statistics 2025: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. World Health Organization; 2025 May 15.

47. Harfouche AL, Petousi V, Meilan R, Sweet J, Twardowski T, Altman A. Promoting ethically responsible use of agricultural biotechnology. Trends in plant science. 2021; 26(6): 546-559.

48. Ganguly RK, Mukherjee A, Chakraborty SK, Verma JP. Impact of agrochemical application in sustainable agriculture. InNew and future developments in microbial biotechnology and bioengineering 2021 (pp. 15-24). Elsevier.

49. Jariwala H, Santos RM, Lauzon JD, Dutta A, Wai Chiang Y. Controlled release fertilizers (CRFs) for climate-smart agriculture practices: a comprehensive review on release mechanism, materials, methods of preparation, and effect on environmental parameters. Environmental Science and Pollution Research. 2022; 29(36): 53967-53995.

50. Nakachew K, Yigermal H, Assefa F, Gelaye Y, Ali S. Review on enhancing the efficiency of fertilizer utilization: Strategies for optimal nutrient management. Open Agriculture. 2024; 9(1): 20220356.

این مجله تابع سیاست دسترسی باز از نوع CC BY-NC 4.0 می‌باشد.