



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



برآورد برخی هزینه‌های خسارات اقتصادی هدررفت خاک ناشی از برداشت سیب‌زمینی

حسین اسدی^{۱*}، سینا رواسانی^۲

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران؛ * ho.asadi@ut.ac.ir

۲- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

هدررفت خاک ناشی از برداشت محصولات غده‌ای مانند سیب‌زمینی، حمل و انتقال آن به شهرها و درون منازل دارای پیامدهای گسترده و متنوعی است که توجه اندکی به آن شده است. مهمترین خسارات اقتصادی این نوع فرسایش شامل هزینه جایگزینی عناصر تغذیه‌ای هدررفته، هزینه حمل، هزینه پرداخت شده توسط مصرف‌کننده، هزینه شستشو و لایروبی، و هزینه‌های اقلیمی است. در تحقیق حاضر، تلاش شده است بر مبنای اندازه‌گیری‌های انجام شده در سطح شهر کرج، ابتدا برآوردی از میزان خاک همراه سیب‌زمینی وارده به شهرها انجام شود و سپس هزینه‌های مرتبط با آن با روش‌های افت بهره‌وری و مبتنی بر هزینه جایگزینی و خسارت برآورد شود. در این راستا، میزان عناصر کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک همراه نیز تعیین و برآوردی از میزان هدررفت این عناصر از مزارع ارائه شد. بر اساس این داده‌ها و اطلاعات ده ساله سطح زیرکشت و تولید سیب‌زمینی در کشور، مقدار کل هدررفت سالانه خاک ۱۳۷ هزار تن برآورد شد. هزینه جایگزینی عناصر تغذیه‌ای توسط کشاورزان، ۶۳ میلیارد تومان، هزینه یارانه گازوئیل برای حمل این خاک، ۴۱ میلیارد تومان، هزینه شستشو و لایروبی ۱۱/۷ میلیارد تومان، و هزینه‌های اقلیمی مرتبط حدود ۲۷۲ هزار دلار (معادل ۱۹/۶ میلیارد تومان) برآورد شد. همچنین برآورد شد که مصرف‌کنندگان حدود ۴۲۰۰ میلیارد تومان بابت پول خاک همراه سیب‌زمینی پرداخت می‌کنند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که هدررفت خاک همراه با برداشت محصولات غده‌ای می‌تواند چه پیامدها و هزینه‌های اقتصادی-اجتماعی پیدا و پنهانی داشته باشد.

واژگان کلیدی: انتشار CO₂، کودهای شیمیایی، کود دامی، فرسایش خاک، هدررفت آب

مقدمه

فرسایش خاک یکی از اصلی‌ترین چالش‌های مدیریت پایدار منابع خاک بوده و دارای پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط-زیستی فراوانی است. «فرسایش برداشت محصول» نوعی از فرسایش خاک است که با برداشت محصولات ریشه‌ای و غده‌ای رخ می‌دهد (Auerwald et al., 2006)، و در اراضی نسبتاً مسطح که فرسایش آبی و بادی کمتر است، می‌تواند عامل اصلی هدررفت خاک باشد (Li et al., 2006; Parlak et al., 2022; Kuhwald et al., 2021). این نوع فرسایش حدود ۸/۴ درصد از اراضی زراعی دنیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Busche et al., 2023) و به ویژه در محصولاتی مانند سیب‌زمینی، چغندر و هویج که سهم قابل توجهی در سبد غذایی جهانی دارند، حائز اهمیت است. میزان فرسایش برداشت محصول تابع عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های خاک (بافت، مقدار ماده آلی، رطوبت)، نوع محصول و روش‌های برداشت است (Panagos et al., 2019). فرسایش برداشت محصول با هدردادن کربن آلی و عناصر غذایی خاک خسارت اقتصادی زیادی به کشاورزان وارد می‌کند (Saggau et al., 2024).

سیبزمینی به عنوان چهارمین محصول غذایی مهم جهان پس از گندم، برنج و ذرت، در ایران نیز پس از گندم جایگاه دوم را دارد. سطح زیر کشت سیبزمینی در ایران با توجه به آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، حدود ۱۵۰ هزار هکتار و مقدار تولید آن حدود ۵/۵ میلیون تن در سال است (محمدی، ۱۴۰۲). با متوسط مصرف سرانه بیش از ۵۰ کیلوگرم در سال و روند رو به رشد تولید، بررسی خسارات اقتصادی هدررفت خاک همراه با برداشت این محصول ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر خسارات برجا، خاک همراه محصول سیبزمینی به شهرها حمل شده، همراه محصول خریداری شده وارد خانه‌ها شده، و برای شستشوی آن آب زیادی مصرف می‌شود. خاک شسته شده وارد سیستم فاضلاب شهری شده و در نتیجه ضرورت لایروبی این آبراهه‌ها را ایجاد می‌کند. بنابراین هزینه‌های حمل، آب مورد نیاز شستشو و لایروبی، به همراه قیمت پرداخت شده توسط مصرف کننده، از جمله خسارات اقتصادی هدررفت خاک همراه با محصول سیبزمینی است که تاکنون برآوردی در مورد آن صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهداف، در تحقیق حاضر برای تعیین میزان خاک همراه سیبزمینی از روش اندازه‌گیری در محل عرضه در سطح شهر کرج استفاده شد. تحقیق در بازه پنج ماه (از مهر تا بهمن ۱۳۹۸) انجام شد و به صورت تقریباً هفتگی از سه مکان متفاوت نمونه برداری انجام شد. در مجموع میزان خاک همراه محصول سیبزمینی در ۵۴ کیسه، پس از توزین کیسه، جداسازی و به آزمایشگاه منتقل شد. خاک‌های جدا شده، هواخشک، توزین و برای تعیین بافت، میزان کربن آلی و مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد آنالیز قرار گرفت. در زمان نمونه برداری، استان محل تولید سیبزمینی‌ها نیز مشخص گردید. محل تولید (مبدا) ۵۴ نمونه مورد بررسی به ترتیب استان‌های کرمانشاه (۱۰ نمونه)، آذربایجان شرقی (۷ نمونه)، اردبیل (۸ نمونه)، همدان (۲۰ نمونه)، آذربایجان غربی (۶ نمونه) و زنجان (۳ نمونه) بود. جرم خاک همراه، به ازای هر کیلوگرم سیبزمینی تعیین شد. برای تعمیم نتایج در ابتدا به استان‌های مبدا در پنج ماه مورد مطالعه، و سپس به کل کشور، از آمارنامه دوره ۱۰ ساله کشاورزی (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)، داده‌های سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد استخراج و مورد استفاده قرار گرفت.

در تحقیق حاضر، شش نوع هزینه/خسارات اقتصادی با روش‌های افت بهره‌وری و مبتنی بر هزینه جایگزینی و خسارت برآورد شد. این هزینه‌ها عبارت‌اند از، (۱) هزینه جایگزینی عناصر تغذیه‌ای خارج شده از زمین توسط کشاورز، (۲) هزینه خرید خاک به جای سیبزمینی توسط مصرف کننده، (۳) یارانه گازوئیل که برای حمل از محل تولید به محل مصرف توسط دولت پرداخت می‌شود، (۴) هزینه آب مصرفی برای شستشو، (۵) هزینه لایروبی فاضلاب‌روهای شهری توسط شهرداری‌ها و (۶) هزینه‌های اقلیمی مرتبط با انتشار گازهای گلخانه‌ای که جامعه پرداخت خواهد کرد. مقدار کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس مقدار کل هدررفت عناصر، درصد عنصری کود، و قیمت کودها (قیمت بازار آزاد و دولتی ۱۴۰۴) برآورد شد. محاسبه کود دامی مورد نیاز بر اساس مطالعه (Hao et al., 2023) بود که در آن، افزایش هر ۱۰ تن کود آلی به خاک (تا عمق ۱۵ سانتی‌متر)، کربن آلی خاک را ۰/۰۲ درصد افزایش می‌دهد. برای مؤلفه مزایای اقلیمی کربن بر اساس گزارش بانک جهانی (۲۰۲۳) عمل شد که در آن قیمت‌های واقعی کربن بر مبنای بازارهای انطباق (سیستم تجارت انتشار گازهای گلخانه‌ای اتحادیه اروپا) و بازارهای داوطلبانه، ۵۰ تا ۱۰۰ دلار در هر تن CO₂ ذکر شده که معادل ۰/۱۸ تا ۰/۳۷ دلار در هر کیلوگرم کربن است. سایر هزینه‌ها نیز بر مبنای قیمت‌های میانه ۱۴۰۴ یا تعرفه‌های موجود برآورد شد. در مواردی که داده اندازه‌گیری شده در دسترس نبود، محاسبات بر اساس فرضیاتی انجام شد. در صورت دستیابی به داده‌های دقیق، با روش محاسبات ارائه شده می‌توان به برآوردهای دقیق‌تر دست یافت.

نتایج و بحث

مقدار هدررفت خاک

میانگین و میانه هدررفت ویژه خاک همراه سیبزمینی (هدررفت به ازای یک تن محصول) وارده به شهر کرج به ترتیب ۲۷/۴ و ۲۴/۵ کیلوگرم بود. حداقل، حداکثر، انحراف استاندارد و ضریب تغییرات آن نیز به ترتیب ۳ کیلوگرم در تن، ۴۶ کیلوگرم در تن، ۹/۹ کیلوگرم در تن و ۳۶/۱ درصد بود. نصرتی و همکاران (۱۳۹۸)، نیز مقادیر هدررفت ویژه خاک همراه با برداشت سیبزمینی در دشت قروه و دهگلان را بین ۱۳/۴ الی ۴۰/۴ گرم در کیلوگرم (معادل کیلوگرم در تن) برآورد کردند. در تحقیق حاضر، همبستگی مثبتی ($r=0.48$) بین میزان رس و مقدار خاک همراه سیبزمینی وجود داشت.

با توجه به آمار ۱۰ ساله در استان‌های مختلف مبدا سیبزمینی در مدت انجام تحقیق، مقدار متوسط هدررفت ویژه و کل سالانه برای این استان‌ها برآورد شد (جدول ۱). متوسط نرخ هدررفت سالانه خاک همراه برداشت محصول سیبزمینی در این شش

استان، حدود ۰/۹۶ تن در هکتار است. بیشترین و کمترین مقدار نیز به ترتیب برای استان‌های همدان (۱/۰۸ تن در هکتار) و زنجان (۰/۷ تن در هکتار) برآورد شد. تفاوت‌ها بین استان‌ها، بخشی به دلیل میزان عملکرد متفاوت تولید، و بخشی نیز به دلیل هدررفت ویژه متفاوت آنها است. هدررفت خاک ناشی از برداشت سیب‌زمینی توسط فرجی و همکاران (۲۰۱۷) و نصرتی و همکاران (۱۳۹۸) به ترتیب ۲/۵۲ و ۰/۶۶-۱/۱۴ تن در هکتار برآورد شده است. این اندازه‌گیری‌ها اغلب در سر مزرعه و در کرت‌های ۲ در ۲ متر مربعی انجام شده است.

جدول ۴- متوسط ده ساله هدررفت ویژه و کل خاک برآورد شده همراه برداشت سیب‌زمینی

کرمانشاه آذربایجان شرقی	اردبیل	همدان	آذربایجان غربی	زنجان	متوسط/جمع	کل کشور ^{&}
۰/۹۴۱	۰/۸۷۹	۱/۰۸۰	۰/۷۷۶	۰/۶۹۹	۰/۹۶۰	-
۳۲۵۴	۸۶۲۴	۲۶۱۱۳	۱۳۹۷	۵۶۹۳	۶۵۷۷۱	۱۳۷۰۰۰

[&] با فرض حدود ۵ میلیون تن میزان تولید سالانه سیب‌زمینی در کشور

مقدار هدررفت کربن آلی و عناصر تغذیه‌ای

متوسط میزان عناصر پتاسیم، فسفر، کربن آلی و نیتروژن خاک چسبیده به سیب‌زمینی در ۵۴ نمونه مورد اندازه‌گیری به ترتیب ۵۲۷، ۳۳/۵، ۱۴/۲، و ۱/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. تفاوت‌هایی نیز بین استان‌ها وجود داشت که در اینجا نیامده است. این مقادیر به صورت مشخص از میانگین‌های مربوط به خاک مزارع بیش‌تر هستند، که بیانگر غنی‌تر بودن خاک ریزوسفری است. بر اساس غلظت اندازه‌گیری شده عناصر در خاک همراه سیب‌زمینی و متوسط ده ساله هدررفت خاک برآوردی با برداشت سیب‌زمینی از شش استان مورد بررسی و کل کشور، مقدار کل هدررفت عناصر و کربن آلی خاک برآورد شد (جدول ۲). تفاوت بین استان‌ها عمدتاً به دلیل سطح زیر کشت و میزان تولید، و بخشی نیز به دلیل غلظت متفاوت عناصر در نمونه‌های خاک این استان‌ها است. در مجموع و به صورت متوسط سالانه حدود ۱۳۷ هزار تن خاک به همراه سیب‌زمینی از مزارع خارج می‌شود که به همراه آن ۶۶ تن پتاسیم، ۴/۷ تن فسفر، بیش از ۳ هزار تن مواد آلی، و ۱۶۱ تن نیتروژن نیز خارج شده، و خاک و عناصر همراه وارد فروشگاه‌های درون شهرها شده و بخش زیادی (دست کم ۵۰ درصد) به منازل مصرف‌کنندگان خواهد رسید. علاوه بر این‌ها، قطعا میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی، ممکن است میکروبه‌های بیماری‌زا و همچنین آلاینده‌های دیگری همچون باقیمانده سموم به همراه این خاک وارد منازل خواهد شد، که نیاز به مطالعه و بررسی دارد.

جدول ۲- میزان هدررفت کل سالانه مواد آلی و عناصر غذایی همراه با برداشت سیب‌زمینی (تن)

استان/پارامتر	پتاسیم	فسفر	ماده آلی*	نیتروژن
کرمانشاه	۱/۲۹	۰/۰۷	۶۹/۹۰	۳/۴۹
آذربایجان شرقی	۲/۹۰	۰/۰۷	۱۷۷/۵۶	۸/۸۸
اردبیل	۷/۶۵	۱/۴۷	۷۸۰/۳۸	۳۹/۰۲
همدان	۱۲/۷۲	۰/۸۳	۳۸۸/۳۴	۱۹/۴۲
آذربایجان غربی	۰/۵۸	۰/۰۴	۳۳/۹۴	۱/۷۰
زنجان	۴/۲۶	۰/۱۳	۱۶۶/۲۷	۸/۳۱
کل کشور	۶۶/۰۵	۴/۷۲	۳۲۳۳/۷۳	۱۶۱/۶۸

* ضریب تبدیل کربن آلی به ماده آلی ۱/۷۲

هزینه‌های اقتصادی اجتماعی

هزینه جایگزینی عناصر

با قیمت متوسط ۳۵۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلو سیب‌زمینی (تابستان ۱۴۰۴)، مصرف‌کنندگان در کل کشور، مبلغی معادل حدود ۲۴۰۰ میلیارد تومان بابت خرید خاک همراه سیب‌زمینی پرداخت می‌کنند. این مبلغ با فرض اینکه حدود ۵۰ درصد

خاک، در کیسه و در قفسه فروشگاه باقی می‌ماند و ۵۰ درصد از کل ۱۳۷ هزار تن خاک همراه سیب‌زمینی به صورت چسبیده به آن به مشتری فروخته می‌شود، برآورد شده است. البته نکته دیگر آن است که فروشگاه‌های سطح شهر قیمت کل را بر مبنای وزن یک کیسه در مبادین میوه و تره‌بار پرداخت می‌کنند و بنابراین، وزن خاک همراه، در قیمت نهایی اثرگذار است و مصرف‌کننده در واقع بسیار بیشتر از مبلغ برآورد شده را به عنوان هزینه اضافه پرداخت می‌کند.

هزینه‌های اقتصادی جایگزینی عناصر تغذیه‌ای با کودهای شیمیایی رایج، و هزینه جایگزینی با کود دامی و سایر خسارات هدررفت کربن آلی خاک در جدول ۳ آمده است. در مجموع هزینه جایگزینی سه عنصر اصلی (با قیمت آزاد کودهای شیمیایی) و کربن آلی هدررفته به همراه سیب‌زمینی بر مبنای قیمت‌های سال ۱۴۰۴، حدود ۶۳ میلیارد تومان (معادل ۸۷۳۶۰۰ دلار) برآورد شد که باید به این مبلغ هزینه حمل و هزینه مصرف (پخش در مزرعه) کودها را هم اضافه کرد. این مبلغ معادل حدود ۶/۷۲ دلار در هکتار به ازای هر برداشت است. ساگو و همکاران (۲۰۲۴) در شمال آلمان، هدررفت نیتروژن، فسفر و پتاسیم همراه با برداشت چغندر قند را به ترتیب ۳۰/۹۹-۳/۴۲، ۲/۰۷-۰/۳۵ و ۸/۲۲-۴۶/۰۷ کیلوگرم در هکتار در هر برداشت، و هزینه اقتصادی جایگزینی با کود این عناصر را به ترتیب ۵/۲-۴۵/۴۳، ۱/۱۱-۶/۶۴ و ۱۰/۶۵-۵۹/۷۳ یورو در هکتار (بر مبنای قیمت‌های ۲۰۲۳-۲۰۲۱) برآورد کردند.

هدررفت کربن آلی خاک دارای دو پیامد مهم شامل افزایش غلظت CO₂ و اثر گلخانه‌ای، و تاثیر منفی شدید بر کیفیت خاک است (Lal, 2006). اثرات منفی بر کیفیت خاک شامل تخریب ساختمان، سله‌بستن، تراکم، کاهش نفوذ، افزایش رواناب، افزایش فرسایش‌پذیری، کاهش ظرفیت نگهداری آب و در نهایت کاهش توان تولید خاک است. هزینه کاهش توان تولید و هزینه اقلیمی هدررفت ۱۸۸۰ تن کربن آلی خاک در مجموع حدود ۵۷۷ هزار دلار برآورد شد که حدود ۶۷ هزار دلار کمتر از هزینه جایگزینی آن با کود دامی است. صرف‌نظر از عدم قطعیت‌های این برآوردها، اختلاف موجود را می‌توان به عنوان هزینه سایر کارکردهای کربن آلی نیز نسبت داد.

جدول ۳- هزینه جایگزینی هدررفت عناصر غذایی و کربن آلی همراه با برداشت سیب‌زمینی در ایران

نوع کود	قیمت (ریال)*	میزان مورد نیاز (تن)	مبلغ کل (میلیون ریال)	مبلغ کل (هزار دلار)**
سوپرفسفات تریپل (P %۲۰)	۳۰۰۰۰۰	۲۳/۶	۷۰۸۰	۹/۸
	(۱۹۰۰۰۰)		(۴۴۸۴)	(۶/۲)
سولفات پتاسیم (K %۵۰)	۳۰۰۰۰۰	۱۳۲/۱	۳۹۶۰۰	۵۵
	(۲۱۲۰۰۰)		(۲۸۰۰۵)	(۳۹)
اوره (N %۴۶)	۳۳۸۰۰۰	۳۵۱/۵	۱۱۸۸۰۰	۱۶۵
	(۱۴۰۰۰۰)		(۴۹۲۱۰)	(۶۸)
جایگزینی کربن با کود آلی (تن)&	۱۰۰۰۰۰۰	۴۶۴۲۰	۴۶۴۲۰۰	۶۴۴
سایر هزینه‌های هدررفت کربن آلی خاک				
کاهش تولید (بر مبنای کاهش عملکرد گندم با فرض هدررفت ۱۸۸۰ تن کربن از ۱۰۰۰ هکتار)#			۴۳۵۸۳	۶۰/۵
هزینه اجتماعی/اقلیمی کربن (kg C) [§]	۰/۱۸ تا ۰/۳۷ دلار	۱۸۸۰	-	۵۱۷

* قیمت کود بازار آزاد (دولتی)؛ * قیمت ارز سنا ۷۲۰۰۰۰ ریال؛ & بر مبنای Hao et al., 2023؛ # بر مبنای رابطه کشاورز و همکاران (۱۳۹۲)؛ § بر مبنای World Bank. (2023)

هزینه حمل و انتشار CO₂

هزینه حمل ۱۳۷ هزار تن خاک همراه حدود ۵ میلیون تن سیب‌زمینی در قیمت تمام شده آن لحاظ می‌شود و بنابراین جزء هزینه پرداخت شده توسط مصرف‌کنندگان است. اما با توجه به یارانه‌ای بودن سوخت کامیون‌ها، در حقیقت دولت به صورت غیرمستقیم مبلغی برای انتقال و جابجایی خاک بین شهرها پرداخت می‌کند. برای برآورد این هزینه، متوسط فاصله حمل ۵۰۰

کیلومتر و میزان مصرف گازوئیل برای یک کامیون ۲۰ تنی در این فاصله ۲۰۰ لیتر فرض شد. با توجه به تفاوت قیمت یارانه‌ای (۳۰۰۰ ریال) و آزاد (۳۰۰۰۰۰ ریال) گازوئیل، یارانه سوخت برای حمل ۱۳۷۰۰۰ تن خاک همراه سیب‌زمینی در مجموع ۴۱۲ میلیارد ریال (معادل ۵۷۳ هزار دلار) برآورد شد. همچنین، با توجه به اینکه هر لیتر گازوئیل حاوی ۷۲۰ گرم کربن است (سوختن آن ۲/۶۴ کیلوگرم CO₂ منتشر می‌کند)، هزینه اقلیمی کل گازوئیل مصرف شده، صرفاً با انتشار CO₂ و بدون احتساب سایر آلاینده‌ها، حدود ۲۷۲ هزار دلار خواهد بود.

هزینه شستشو و لایروبی^۱

برای برآورد هزینه شستشو، فرض شد که: (۱) حدود ۲/۵ میلیون تن (۵۰ درصد کل تولید) سیب‌زمینی وارد شده به منازل نیازمند شستشوی خاک همراه است، (۲) برای شستن خاک چسبیده به هر کیلو سیب‌زمینی، ۰/۵ لیتر آب مصرف می‌شود، (۳) بر اساس تعرفه ۱۴۰۴، قیمت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای آب به ترتیب ۲۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ ریال است. بر این اساس، هزینه کل آب مصرفی حدود ۸/۷ میلیارد تومان است که حدود ۲۵۰ میلیون تومان آن توسط مصرف‌کنندگان پرداخت می‌شود.

برای برآورد هزینه لایروبی (لجن‌برداری) فاضلاب‌روهای شهری، فرض شد: (۱) ۵۰ درصد کل خاک همراه سیب‌زمینی در کل کشور وارد منازل می‌شود (حدود ۶۸ هزار تن یا ۴۹ هزار مترمکعب)، (۲) لایروبی در شهرها لازم است که ۷۴ درصد جمعیت کشور را شامل می‌شود و ۵۰ درصد خاک شسته شده لجنی می‌شود (۰/۵ × ۰/۷۴ × ۴۹۰۰۰) مترمکعب، (۳) تعرفه لایروبی، بارگیری و حمل تا فاصله ۵ کیلومتر، برابر ۱۶۵۷۵۰ تومان لحاظ شد (بر اساس فهرست بهای واحد پایه رشته ابنیه سال ۱۴۰۲، ردیف ۰۲۰۱۰۱ و فهرست بهای واحد پایه رشته جمع‌آوری و انتقال فاضلاب سال ۱۴۰۴، ردیف‌های ۰۸۱۰۰۳ و ۰۸۱۱۰۱). بر این اساس، هزینه لایروبی، حدود ۳ میلیارد تومان برآورد شد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که هدررفت خاک همراه با برداشت سیب‌زمینی، پدیده‌ای است که اگرچه کمتر مورد توجه قرار گرفته، اما تبعات اقتصادی-اجتماعی گسترده‌ای دارد. برآوردها حاکی از آن است که سالانه حدود ۱۳۷ هزار تن خاک به همراه این محصول از مزارع خارج می‌شود. این امر علاوه بر خسارت مستقیم به حاصلخیزی خاک از طریق هدررفت عناصر غذایی و ماده آلی، هزینه‌های مالی قابل توجهی را بر دوش کشاورزان (هزینه جایگزینی عناصر)، دولت (یارانه حمل و نقل) و جامعه (هزینه‌های اقلیمی و لایروبی) قرار می‌دهد. نکته قابل تأمل، پرداخت مبلغ کلان توسط مصرف‌کنندگان برای خرید خاکی است که نه تنها فایده‌ای ندارد، بلکه خود منشاء هزینه‌های ثانویه مانند شستشو است. اگرچه برآوردهای ارائه‌شده به دلیل کمبود داده‌ها با عدم قطعیت همراه است، اما نتایج به وضوح بر ضرورت توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی به این شکل پنهان از فرسایش خاک و اتخاذ راهکارهای مدیریتی برای کاهش آن، تأکید می‌کند.

فهرست منابع

کشاورز، پیمان، زنگی آبادی، مهدی، عباس زاده، مهدی (۱۳۹۲). تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۷(۳): ۲۷۱-۲۵۹.

محمدی، علیرضا (۱۴۰۲). نگرشی بر جایگاه محصول سیب‌زمینی در امنیت غذایی کشور در افق ۱۴۳۰. *ترویجی علوم کاربردی سیب زمینی*، ۶(۱): ۱۳-۲۲.

نصرتی ک، رستمی م، امینی م. ۱۳۹۸. برآورد هدررفت خاک ناشی برداشت محصول سیب‌زمینی در دشت قروه و دهگلان، استان کردستان. *تحقیقات کاربردی خاک*، جلد ۷ شماره ۱. ص ۱۷۷-۱۸۶.

Auerswald, K., Gerl, G., Kainz, M. (2006). Influence of cropping system on harvest erosion under potato. *Soil and Tillage Research*, 89(1), 22-34.

^۱ محاسبات و برآوردهای این بخش تمام بر اساس فرضیات است و دارای عدم قطعیت بسیار زیادی است. این برآوردها برای نشان داد چگونگی محاسبه برخی هزینه‌های پنهان خاک چسبیده به محصولی مانند سیب‌زمینی است.

- Busche, F., Kuhwald, M., Saggau, P., and Duttmann, R. (2023). Soil loss due to crop harvesting – a spotlight on research gaps and the need of further research activities at the global scale, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-13709, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-13709>.
- Faraji, M., Amirian-Chakan, A., Jafarizadeh, M., Mohammadian Behbahani, A. (2017). Soil and nutrient losses due to root crops harvesting: a case study from southwestern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 11, 1523-1534.
- Hao, X., Chang, C., Travis, G.R. and Zhang, F. (2003), Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 166: 239-245.
- Kuhwald, M., Busche, F., Saggau, P., Duttmann, R. (2021). Is soil loss due to crop harvesting the most disregarded soil erosion process? A review of harvest erosion. *Soil and Tillage Research*, 215, 105213.
- Lal, R. (2006). Managing soils for feeding a global population of 10 billion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2273-2284.
- Li, Y., Ruyschaert, G., Poesen, J., Zhang, Q. W., Bai, L. Y., Li, L., and Sun, L. F. (2006). Soil losses due to potato and sugar beet harvesting in NE China. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(8), 1003-1016.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J. (2019). Soil loss due to crop harvesting in the European Union: A first estimation of an underrated geomorphic process. *Science of the Total Environment*, 664, 478-498.
- Parlak, M., Everest, T., Tunçay, T., Caballero-Calvo, A., Rodrigo-Comino, J. (2022). Soil losses due to leek and groundnut root crop harvesting: An unstudied regional problem in Turkey. *Land Degradation & Development*, 33, 1799–1809.
- Saggau, P., Busche, B., Brunotte, J., Duttmann, R., Kuhwald, M. (2024). Soil loss due to crop harvesting in highly mechanized agriculture: A case study of sugar beet harvest in northern Germany. *Soil and Tillage Research*, 242, 106144.
- World Bank. (2023). *State and Trends of Carbon Pricing*.

Estimating some economic costs of soil loss by potato harvesting

Hossein Asadi^{1*}, Sina Ravasani²

1- Department of Soil Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran;

* ho.asadi@ut.ac.ir

2- Department of Soil Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

Abstract

Soil loss resulting from the harvesting of tuber crops such as potatoes, and its subsequent transport to cities and households, has extensive and diverse consequences that have received little attention. The most significant economic losses from this type of erosion include the cost of replacing lost nutrients, transportation costs, costs paid by consumers, washing costs, and climate-related costs. In the present study, based on measurements conducted in the city of Karaj, an attempt was made to first estimate the amount of soil adhering to potatoes entering cities and then to estimate the associated costs. Accordingly, the levels of carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium in the adhering soil were determined, and an estimate of the loss of these elements from the farms was provided. Based on this data and ten-year information on the cultivated area and potato production in the country, the total annual soil loss was estimated at 137,000 tons. The cost for farmers to replace the lost nutrients was estimated at \$ 875000, the subsidy cost for diesel fuel to transport this soil at \$ 569000, washing and dredging costs at \$ 162500, and the associated climate costs at approximately \$272000. It was also estimated that consumers pay about 58 million US\$ for the soil attached to potatoes. Although the findings of this research face uncertainty due to a lack of sufficient data, they demonstrate the significant overt and hidden socio-economic consequences and costs of soil loss associated with the harvesting of tuber crops.

Keywords: chemical fertilizers, CO₂ emission, manure, soil erosion, water loss