

کاربرد روش هزینه جایگزین در برآورد هزینه سالانه فرسایش آبی خاک در ایران

محمد قربانی^۱ و سید صفدر حسینی^۲

چکیده

آثار فرسایش خاک در عرصه تولید کشاورزی به شکل کاهش کیفیت و کمیت محصول زراعی و در عرصه خاک به اشکال مختلف فقر مواد غذایی و تغییر ساختمان خاک ظهور می‌یابد که ماحصل آن‌ها ایجاد هزینه‌هایی در سطح مزرعه می‌باشد. در این مقاله با بهره‌گیری از اطلاعات میدانی در عرصه خاک هفت استان آذربایجان شرقی و غربی، همدان، کردستان، زنجان، گلستان و کرمانشاه، هزینه فرسایش خاک با استفاده از روش هزینه جایگزین برآورد شده است. یافته‌ها نشان داد که میانگین هزینه سالانه فرسایش در هر هکتار از اراضی گندم دیم در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ برابر ۲۰۴۴۱۱ ریال می‌باشد. با فرض ثابت بودن هزینه فرسایش خاک برای اراضی گندم دیم کشور، میزان آن برای کل اراضی گندم دیم (۳۹۵۱ هزار هکتار) تقریباً ۸۰۷ میلیارد ریال می‌باشد. با توجه به یافته‌ها، سرمایه‌گذاری در عملیات حفاظت خاک و توجه جدی به بخش خاک در سیاست‌گذاری‌های حفاظت خاک و تخصیص اعتبارات و بالاخره پرداخت یارانه سبز، به‌عنوان راهکار ارائه شده است.

کلمات کلیدی: فرسایش خاک، هزینه فرسایش و روش هزینه جایگزین

۱. دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار دانشگاه تهران

مقدمه

به‌رغم توجه به پژوهش‌ها در محیط‌های کشت بدون خاک (هیدروپونیک)، خاک همچنان به‌عنوان مهم‌ترین محیط تولید زراعی محسوب می‌شود. خاک زراعی که دارای پتانسیل تولید و بازده اقتصادی می‌باشد، به شدت تحت تاثیر دخالت‌های مستقیم و غیر مستقیم انسان است (قربانی، ۱۳۸۰)، به‌نحوی که بهره‌برداری بی‌رویه از خاک، قیمت‌گذاری نامناسب بر نهاده‌ها و محصولات کشاورزی و نظام اجاره‌داری از یک سو و از دیگر سو، به‌کارگیری فناوری‌های نامناسب و نیز عدم پذیرش عملیات حفاظت خاک، زمینه را برای تاثیرگذاری فرسایش خاک فراهم آورده است.

آثار فرسایش در عرصه تولید کشاورزی به شکل کاهش کیفیت و کمیت محصول زراعی و در عرصه خاک به اشکال مختلف فقر عناصر مغذی (ریز مغذی‌ها) و تغییر ساختمان خاک ظهور می‌یابد که ماحصل آن‌ها ایجاد هزینه‌هایی در سطح مزرعه می‌باشد. برآوردهای انجام شده توسط پژوهشگران نشان می‌دهد که هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش آبی خاک قابل توجه بوده به‌نحوی که یکی از چالش‌های جدی در عرصه مدیریت خاک و تولید محصولات کشاورزی دیم محسوب می‌شود. علاوه بر آن میزان هزینه‌های فرسایش خاک در اراضی مختلف و بسته به محصولات و ویژگی‌های مختلف خاک متفاوت می‌باشد (قربانی، ۱۳۸۰؛ ابیگوناوادنا و سماراکون، ۱۹۹۴؛ دیکسون و هاف اشمیت، ۱۹۸۶؛ میرانوسکی، ۱۹۸۴؛ سماراکون و ابیگوناوادنا، ۱۹۹۵؛ ون کوتن، ویسنسل و دجانگ، ۱۹۸۹). مطالعه حسینی، سلامی و قربانی (۱۳۸۳) در اراضی گندم دیم شمال و شمال غرب ایران نشان داد که هزینه بهره‌بردار (کاهش عملکرد گندم) ناشی از فرسایش خاک برابر ۱۰۷۲۲ ریال در هکتار و در کل اراضی زیر کشت گندم معادل ۴۲/۲۳ میلیارد ریال می‌باشد. علاوه بر آن مطالعه حسینی و قربانی (۱۳۸۱) نشان دادند که هزینه بهره‌بردار ناشی از فرسایش خاک در هر هکتار از اراضی با مدیریت شخم عمود بر شیب (۶۳۹۸ ریال) نصف اراضی با شخم موازی (۱۲۷۲۵ ریال) است. اگر چه این دو مطالعه هزینه فرسایش خاک را بر کاهش عملکرد

گندم در ایران اندازه‌گیری نموده‌اند اما برآوردی از هزینه‌های ناشی از هدر رفت مواد مغذی خاک و در واقع هزینه‌های جایگزین عناصر مغذی صورت نگرفته است. کیم و دیکسون (۱۹۸۶)، ابیگوناوادنا و سماراکون (۱۹۹۴)، پریدو و همکاران (۱۹۹۷) و سایرین از روش هزینه جایگزین برای برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک یعنی هزینه‌های کاهش عناصر مغذی بهره گرفته‌اند. با توجه به این مهم، در مقاله حاضر تلاش شده است تا هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش آبی خاک با استفاده از روش هزینه جایگزین برآورد شود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه برای سال زراعی ۱۳۷۹-۱۳۷۸ و برای هفت استان؛ آذربایجان شرقی و غربی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، گلستان و همدان جمع‌آوری شده است. استان‌ها دارای ویژگی‌هایی مانند نرخ بالای فرسایش آبی، میزان بارندگی بالا، درجه‌ی حرارت، سرعت وزش باد و تعداد روزهای یخبندان نسبتاً یکسان، سطح زیرکشت بالای گندم دیم و بالاخره اراضی شیب‌دار بوده (دارای اقلیم‌های مدیترانه‌ای و مدیترانه‌ای با باران بهاره) بوده‌اند. بنابراین از این نظر تقریباً مناطق همگنی را تشکیل می‌دهند. در انتخاب محصول گندم، استراتژیک بودن محصول برای کشور، اختصاص ۶۶ درصد اراضی شیب‌دار دیم به غلات (مهمترین آن گندم) و پوشش بستر خاک برای حداقل سه چهارم سال، موثر بوده است. در هر استان اطلاعات اولیه مربوط به نمونه‌ها از سطح سه شهرستان گردآوری شده است که هر کدام از آن‌ها نماینده شرایط آب و هوایی خاص (گرم، معتدل و سرد) بوده‌اند. روش نمونه‌گیری کاملاً تصادفی بوده و برای انتخاب نمونه‌ها از پلات استفاده شده است (قربانی، ۱۳۸۰؛ قربانی و پاشاکلائی، ۱۳۷۶). مزارع به‌عنوان واحد نمونه‌گیری انتخاب شده و برای انتخاب مزارع چهار معیار شرایط آب و هوایی، جهت شیب، جهت شخم و کلاس‌های خاک مدنظر قرار گرفته است. تعداد واحدهای نمونه ۲۱۰ تعیین شده و در هر مزرعه سه پلات ۰/۲۵ مترمربع استقرار یافته است. در مجموع اطلاعات مورد نیاز مربوط

است برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای ناشی از فرسایش خاک می‌باشد.

در ارتباط با برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک روش‌های مختلفی مانند تغییر در بهره‌وری^۳، هزینه جایگزین^۴، هزینه بهره‌برداری^۵، دز-واکنش^۶ و هزینه فرصت^۷ ارائه گردیده است. هر یک از این روش‌ها به یک بعد از مساله فرسایش توجه داشته است و از اثرات دیگر فرسایش صرف‌نظر نموده‌اند. به‌علت این‌که خاک دارای ویژگی‌های مختلف می‌باشد روش کاملاً استانداردی برای برآورد هزینه فرسایش خاک وجود ندارد که مورد قبول همه متخصصین بوده و از کارایی لازم برخوردار باشد. در این مطالعه از روش هزینه جایگزین برای برآورد هزینه درون مزرعه‌ای فرسایش خاک استفاده شده است.

ساده‌ترین رهیافت ارزیابی هزینه‌های فرسایش خاک، هزینه‌های جایگزین کردن عناصر مغذی است که در اثر فرسایش خاک از بین رفته‌اند. در روش هزینه‌های جایگزین فرض می‌شود که در صورت جایگزینی مصنوعی عناصر مغذی و مواد آلی از دست رفته خاک، بهره‌وری خاک ثابت باقی بماند (دیکسون و هاف اشمیت، ۱۹۸۹؛ دیکسون و همکاران، ۱۹۸۳؛ هاف اشمیت و همکاران، ۱۹۸۳). در واقع عناصر مغذی هدر رفته را می‌توان با کاربرد کودهای شیمیایی که قیمت بازاری مشخصی دارند، جایگزین نمود. نکته اصلی در این روش آن است که هزینه‌های منظور شده برای جایگزینی بهره‌وری از دست رفته خاک باید با معیاری اقتصادی اندازه‌گیری و در زمان جلوگیری از خسارات، به‌عنوان سود لحاظ شود (هاف اشمیت و همکاران، ۱۹۸۳).

روش هزینه جایگزین در نمودار ۱ نشان داده شده است. در این روش برای سادگی فرض شده نهاده (مثلاً نهاده کودهای شیمیایی) به‌طور بهینه به‌کار گرفته شده است یعنی در نقطه‌ای که قیمت آن مساوی ارزش تولید نهایی آن است. بنابراین x_1 سطح واقعی مصرف کود شیمیایی می‌باشد. فرسایش خاک و روان آب سبب

به ۶۳۰ پلات جمع‌آوری شده است. در هر پلات متغیرهایی مانند عملکرد گندم، مولفه‌های خاک مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد آلی و رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (که نماینده کیفیت خاک هستند)، عمق خاک زراعی (افق A) و بالاخره جهت شخم، بافت خاک و شیب مزرعه اندازه‌گیری شده است. داده‌های مربوط به کیفیت خاک و بافت آن از طریق تجزیه نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک‌شناسی حاصل گردیده است.

فرسایش و مدیریت خاک فرآیندی پویا می‌باشد. بنابراین، روش تحلیل مورد استفاده در ارتباط با آن نیز از چنین فرآیندی تبعیت می‌کند. بنابراین پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه از طریق نرم افزار *SCAUF4*، مطالعه ویگ و همکاران (۲۰۰۱)، اطلاعات حاصل از مطالعه رفاهی (۱۳۷۵) و شاهویی (۱۳۷۷) متغیرهای تحقیق برای چهار سال شبیه‌سازی گردید. با توجه به فرایند شبیه‌سازی داده‌ها برای ۶۳۰ پلات اولیه در یک دوره ۴ ساله، در مجموع اطلاعات مربوط به $3150 [630 + (630 \times 4)]$ نمونه مورد تحلیل قرار گرفته است. در فرآیند شبیه‌سازی فرض شده شیب اراضی زراعی (کلاس‌های شیب) و نوع مدیریت شخم ثابت باشد. همچنین فرض شده در طول دوره؛ رفتار تولیدکنندگان در ارتباط با تولید محصول گندم و حفاظت از خاک مشابه سال اول باشد. به همین دلیل نرخ فرسایش خاک در ۴ سال زراعی بعد (۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۰-۱۳۷۹) مشابه سال پایه (۷۹-۱۳۷۸) فرض شده است.

براساس ادبیات اقتصادی فرسایش خاک، فرسایش دو نوع هزینه را ایجاد می‌کند. نوع اول، هزینه‌های درون مزرعه‌ای (خصوصی) است که از کاهش عملکرد محصول و افزایش هزینه‌های تولید حاصل می‌شود. (برت ۱۹۸۱؛ میرانوسکی ۱۹۸۴؛ هرتزلر و همکاران ۱۹۸۵؛ سگارا و تیلور ۱۹۸۷؛ ون کوتن و همکاران ۱۹۸۹؛ گاناتیلاک و ابیگوناواردنا ۱۹۹۲؛ ون کوتن ۱۹۹۳؛ باربیر ۱۹۹۰؛ اسمیت و همکاران ۱۹۹۹؛ گاناتیلاک و ویت ۲۰۰۰). نوع دوم، هزینه‌های خارجی یا برون مزرعه‌ای ناشی از آلودگی‌های محیط زیست و رودخانه‌ها می‌باشد. آن‌چه در مطالعه حاضر مورد توجه

1. Change in productivity
2. Replacement cost
3. User cost
4. Dose-Response
5. Opportunity cost

خاک بهره گرفته‌اند. هزینه جایگزینی فرسایش خاک در i امین مزرعه به صورت زیر بیان گردیده است:

$$j = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

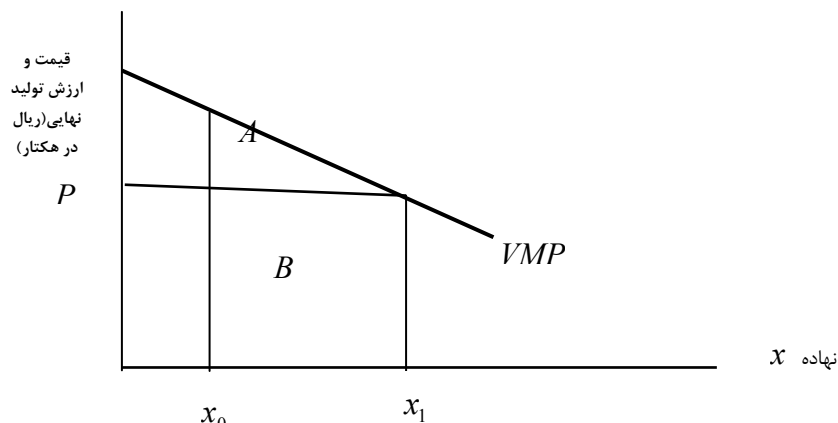
$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$RC_i = (S_t - S_{t+1}) \sum_{j=1}^k N_{ij} P_j + C_{il} + C_{ir}$$

که در آن RC_i نشان دهنده هزینه‌های جایگزینی عناصر مغذی در i امین مزرعه (ریال در هکتار)؛ $S_t - S_{t+1}$ هدر رفت خاک از زمان t به $t+1$ (تن در هکتار)؛ N_{ij} مقدار هدررفت i امین عنصر مغذی در i امین مزرعه (کیلوگرم در تن)؛ P_j قیمت j امین عنصر مغذی (ریال در کیلوگرم)؛ C_{il} هزینه نیروی کار برای کودپاشی (ریال در هکتار) و C_{ir} هزینه تعمیرات و نگهداری (بازسازی و نوسازی) خسارات ناشی از فرسایش خاک (ریال در هکتار) می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این روش ارزش پولی عناصر مغذی خاک فرسایش یافته (نیترژن، فسفر، پتاسیم، رطوبت و مواد آلی) را با استفاده از قیمت‌های بازار تعیین می‌کند. هزینه‌های نیروی کار برای کود پاشی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری در ارتباط با فرسایش خاک به معادله فوق اضافه می‌شود. در این مطالعه قیمت بازاری هر کیلوگرم عناصر مغذی نیترژن، پتاسیم، فسفر و مواد آلی به ترتیب حدود ۲۳۰، ۱۹۰، ۲۹۰ و ۱۴/۵ ریال، هر مترمکعب رطوبت (آب) معادل ۴۰ ریال، هزینه نیروی کار برابر ۵۰۰۰۰ ریال و تعداد نیروی کار مورد نیاز معادل ۰/۶ واحد نیروی کار (برای سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸) مبنای محاسبه قرار گرفته است.

می‌شود بخشی از کود شیمیایی (در اینجا مواد مغذی خاک) شسته شده و از دسترس گیاه خارج شوند. در چنین شرایطی تنها به اندازه x_0 از نهاده به‌طور کارا به مصرف گیاه می‌رسد. بنابراین هدررفت نهاده $x_1 - x_0$ بوده و کل هزینه نهاده ناشی از این هدررفت برای کشاورز در نمودار ۱ با مساحت B اندازه‌گیری شده است، درحالی‌که کل زیان براساس ارزش بازاری تغییرات در بهره‌وری محصول زراعی برابر مساحت $A+B$ می‌باشد. البته باید توجه داشت که اغلب به‌دست آوردن اطلاعاتی راجع به ارزش تولید نهایی نهاده‌ها در فرایند تولید محصول مشکل است. به همین دلیل در اکثر تحلیل‌ها به‌طور ساده هزینه‌های جایگزینی نهاده‌های هدر رفته $x_1 - x_0$ یعنی مساحت B به‌عنوان تقریبی از کل زیان کشاورز در نظر گرفته می‌شود. از این جهت به این روش، هزینه‌های جایگزین گویند. به‌طور مشخص، استفاده از هزینه جایگزینی نهاده‌ها برای اندازه‌گیری ارزش بازاری تغییرات در ستاده محصول زراعی ناشی از هدررفت این نهاده‌ها روش «بهترین دوم» محسوب می‌شود. البته دلیلی برای این دیدگاه وجود ندارد که مساحت B همیشه تقریب مطلوبی از مساحت $A+B$ خواهد شد. به‌طور مشخص برآورد هزینه‌های جایگزینی تنها می‌تواند انعکاس دهنده دقیقی از هزینه‌های درون مزرعه‌ای توأم با شانس باشد (باربیر، ۱۹۹۰).

کیم و دیکسون (۱۹۸۶)، ابگونوادنا و سماراکون (۱۹۹۴)، پریدو و همکاران (۱۹۹۷) و سایرین از این روش برای برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش



نمودار ۱: روش هزینه جایگزین برای اندازه‌گیری هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک

نتایج و بحث

در این بخش هزینه‌های جایگزین فرسایش خاک براساس عمق‌های مختلف خاک زراعی، شیب‌ها و مدیریت‌های شخم برآورد شده که در زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱ متوسط فرسایش خاک، هدررفت مواد مغذی خاک و میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک را براساس عمق خاک زراعی نشان می‌دهد. براساس اطلاعات این جدول، میزان هزینه‌های فرسایش هر هکتار از اراضی دیم گندم در گروه‌های هفت‌گانه عمق خاک زراعی به‌ترتیب ۱۸۳۰۷۲، ۱۹۰۶۷۴، ۲۱۴۶۰۶، ۱۸۵۷۹۳، ۱۷۹۶۶۸، ۱۸۸۷۵۱ و ۱۳۲۸۲۷ ریال شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که میانگین هزینه‌های هر هکتار از اراضی گندم دیم استان‌های مورد پیمایش برابر ۲۰۴۴۱۱ ریال می‌باشد. با توجه به اطلاعات جدول ۱ نتیجه می‌شود که هزینه‌های جایگزین فرسایش خاک متغیر بوده و تابع میزان فرسایش خواهد بود. در واقع هزینه‌های جایگزین فرسایش خاک در این استان‌ها از قاعده‌ای هماهنگ برخوردار نبوده و نوعی پراکندگی

هزینه در سطوح مختلف عمق خاک زراعی مشاهده می‌شود.

اولاً هزینه‌های جایگزین فرسایش در خاک‌های با عمق بیش از ۳۰ سانتی متر کمترین مقدار (۱۳۲۸۲۷ ریال) و در خاک‌های با عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر بیش‌ترین مقدار (۲۱۴۶۰۶ ریال) را دارا می‌باشد. ارقام جدول حکایت از آن دارد که بیش‌ترین مقادیر هزینه فرسایش در خاک‌های با عمق کمتر از ۱۵ سانتی‌متر ایجاد می‌شود که دارای نرخ‌های بالای فرسایش می‌باشد و ثانیاً به‌طور نسبی با افزایش عمق خاک زراعی (به‌دلیل کاهش نرخ فرسایش)، هزینه‌های جایگزینی فرسایش کاهش خواهد یافت. پایه اصلی محاسبات مربوط به هزینه‌های جایگزین فرسایش، بر مواد غذایی خاک بنا نهاده شده است که در اثر فرسایش از عرضه تولید محصولات کشاورزی خارج می‌شود. تفاوت‌های موجود در بافت‌های مختلف خاک و شیب اراضی شخم می‌توانند نقش بسیار مهمی را بر تغییرات مواد غذایی خاک داشته باشند.

جدول ۱: متوسط فرسایش و هدررفت مواد مغذی خاک و میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک بر اساس عمق خاک زراعی

متوسط فرسایش و هدررفت مواد مغذی خاک							
عمق خاک زراعی (سانتی‌متر)	فرسایش خاک (کیلوگرم در هکتار)	نیترژن (کیلوگرم در هکتار)	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	مواد آلی (کیلوگرم در هکتار)	ظرفیت زراعی (هزار لیتر)	رطوبت در حد هنر
(۵)	۲۸/۳	۰/۳	۳۱	۷۲۰	۴۶۸	۶/۸۰۹	۱۸۳۰۷۲/۱
(۱۰)	۲۸/۰	۰/۳	۴۲	۷۴۰	۵۰۱	۷/۳۹۱	۱۹۰۶۷۴/۱
(۱۵)	۲۷/۷	۰/۳	۳۵	۸۸۰	۴۵۸	۷/۷۱۱	۲۱۴۶۰۶/۳
(۲۰)	۲۳/۱	۰/۳	۳۱	۷۴۰	۳۹۰	۶/۷۷۲	۱۸۵۷۹۳/۸
(۲۵)	۱۹/۶	۰/۳	۴۶	۶۸۰	۴۵۱	۵/۹۳۷	۱۷۹۶۶۷/۸
(۳۰)	۱۸/۹	۰/۲	۱۶	۷۸۰	۳۸۲	۶/۶۶۳	۱۸۸۷۵۰/۶
>۳۰	۱۷/۶	۰/۲	۲۰	۴۷۰	۵۱۷	۵/۵۸۵	۱۳۲۸۲۷/۴
کل	۲۵/۳	۰/۳	۴۰	۸۲۰	۴۴۰	۷/۱۳۰	۲۰۴۴۱۱/۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

براساس شیب اراضی زراعی نشان می‌دهد. ارقام برآورد شده نشان می‌دهد که میانگین هزینه فرسایش خاک در

جدول ۲ متوسط فرسایش خاک، هدررفت مواد مغذی خاک و میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک را

میزان هزینه‌های فرسایش خاک روند تقریباً کاهشی خواهند داشت. مساله ایجاد هزینه‌های فرسایش خاک در شیب‌های مختلف، می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مربوط به الگوی کشت محصولات زراعی و نیز طراحی و ساخت ماشین‌آلات خاک‌ورزی مورد توجه قرار گیرد به‌نحوی که حرکت تولید محصولات کشاورزی از یک‌ساله به چندساله و عملیات خاک‌ورزی بر روی خطوط تراز صورت گیرد. چنین فرایندی می‌تواند نقش ویژه‌ای در کاهش هزینه‌های فرسایش خاک، جلوگیری از فقر مواد غذایی خاک و حرکت در جهت توسعه پایدار کشاورزی داشته باشد که در نهایت منجر به افزایش تولید محصولات کشاورزی و درآمد کشاورزان خواهد شد.

مزارع با شیب تا ۵ درصد برابر ۱۴۷۰۴۵ ریال در هکتار است. با افزایش شیب مزارع به بیش از ۵ درصد، میزان هزینه فرسایش خاک (اگرچه در محدوده شیب ۱۵-۵ درصد روند افزایشی داشته) عمدتاً روند نزولی و کاهشی داشته به‌نحوی که در شیب‌های ۱۰-۵، ۱۵-۱۰، ۲۰-۱۵، ۲۵-۲۰، ۳۰-۲۵، ۳۵-۳۰ و بیش از ۳۵ درصد به ترتیب ۲۲۸۹۷۹، ۲۳۲۲۳۷، ۲۱۴۳۶۳، ۲۲۴۱۹۱، ۲۲۵۹۳۶، ۲۲۰۰۹۹ و ۲۰۳۸۴۲ ریال در هکتار رسیده است. اگرچه مطالعه حسینی، سلامی و قربانی (۱۳۸۳) نشان داد که هزینه کاهش عملکرد گندم (هزینه بهره‌بردار ناشی از فرسایش خاک) با افزایش شیب مزرعه افزایش می‌یابد، اما با توجه به برآورد انجام شده این مطالعه به روش هزینه جایگزین نتیجه می‌شود که با افزایش شیب مزارع

جدول ۲: متوسط فرسایش و هدررفت مواد مغذی خاک و میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک بر اساس شیب اراضی زراعی

متوسط فرسایش و هدررفت مواد مغذی خاک							
هزینه فرسایش (ریال در هکتار)	رطوبت در حد ظرفیت زراعی (هزار لیتر)	مواد آلی (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	فرسایش خاک (کیلوگرم در هکتار)	طبقات شیب (درصد)
۱۴۷۰۴۴/۶	۴/۵۴۷	۲۹۶	۵۵۵	۲۴	۰/۲	۱۶/۲	(۰ ۵)
۲۲۸۹۷۹/۴	۸/۰۸۵	۴۷۲	۹۴۵	۴۱	۰/۳	۲۸/۱	(۱۰ ۵)
۲۳۲۲۳۶/۹	۸/۱۷۱	۴۷۴	۹۶۵	۳۹	۰/۴	۲۹/۲	(۱۰ ۱۵)
۲۱۴۳۶۲/۶	۸/۵۲۷	۵۱۸	۸۶۶	۴۰	۰/۴	۳۱/۲	(۱۵ ۲۰)
۲۲۴۱۹۱/۰	۸/۵۸۸	۵۴۰	۹۲۴	۳۵	۰/۴	۳۱/۷	(۲۰ ۲۵)
۲۲۵۹۳۵/۹	۹/۷۰۹	۵۷۹	۱۴۵۰	۳۹	۰/۴	۳۲/۳	(۲۵ ۳۰)
۲۲۰۰۹۹/۲	۹/۹۶۰	۶۵۸	۸۸۷	۳۹	۰/۴	۳۲/۶	(۳۰ ۳۵)
۲۰۳۸۴۱/۷	۹/۴۲۴	۷۴۱	۷۸۳	۴۷	۰/۴	۳۲/۹	۳۵ >
۲۰۴۴۱۱/۴	۷/۱۳۰	۴۴۰	۸۲۰	۴۰	۰/۳	۲۵/۳	کل

ماخذ: یافته‌های پژوهش

تقریباً ۱/۷ برابر مدیریت شخم عمود بر شیب می‌باشد. به عبارت دیگر انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت گندم در جهت شیب نسبت به شرایط عمود بر شیب هزینه بسیار بالایی را ایجاد می‌کند. در استان گلستان هزینه فرسایش خاک در مدیریت شخم موازی شیب و عمود بر شیب به ترتیب ۱۷۶۸۷۰ و ۱۲۶۵۶۸ ریال در هکتار برآورد شده است. میانگین هزینه جایگزین فرسایش

جدول ۳ میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک را براساس مدیریت شخم نشان می‌دهد. اطلاعات مندرج در این جدول حکایت از آن دارد که در مناطق مورد مطالعه میانگین هزینه فرسایش خاک در مدیریت شخم موازی شیب ۲۴۶۴۶۰ و عمود بر شیب ۱۴۷۶۸۹ ریال در هکتار برآورد شده است. این ارقام نشان می‌دهد که هزینه فرسایش خاک در مدیریت شخم موازی شیب

برای کل نمونه‌های استان گلستان ۱۶۱۵۲۲ ریال در هکتار می‌باشد. در استان‌های زنجان، آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه، همدان و آذربایجان شرقی میانگین هزینه فرسایش خاک براساس مدیریت شخم موازی به ترتیب برابر با ۲۳۵۱۱۹، ۲۶۰۶۹۸، ۲۶۰۷۹۴، ۲۶۷۷۸۹، ۲۰۳۲۳۲ و ۲۵۴۰۹۷ ریال در هکتار می‌باشد در حالی که براساس مدیریت شخم عمود بر شیب به ترتیب برابر با ۱۰۹۸۷۹، ۱۷۱۶۰۸، ۱۸۲۵۵۰، ۸۸۸۳۴، ۱۰۰۵۳۰ و ۱۴۷۷۱۲ ریال در هکتار برآورد شده است. با توجه به اطلاعات مربوط به این استان‌ها مشاهده می‌شود که میزان هزینه فرسایش خاک در مدیریت شخم موازی شیب بیش از شرایط عمود بر شیب می‌باشد و در برخی از استان‌ها حتی بیش از دو برابر است. مطالعه حسینی و قربانی (۱۳۸۱) نشان دادند که هزینه بهره‌برداری (کاهش عملکرد گندم) ناشی از فرسایش خاک در هر هکتار از اراضی با مدیریت شخم عمود بر شیب (۶۳۹۸ ریال) نصف اراضی با شخم موازی (۱۲۷۲۵ ریال) است. نتیجه این که با مدیریت صحیح

عملیات خاک‌ورزی می‌توان هزینه‌های فرسایش خاک را به نصف کاهش داد که معادل با حفظ منابع تولید (توسعه پایدار اکولوژیکی)، ایجاد درآمد بالاتر برای کشاورزان و افزایش بهره‌وری (توسعه پایدار اقتصادی)، به‌کارگیری فناوری‌های نوین حفاظت‌کننده خاک (توسعه پایدار فناوری) و جلوگیری از مهاجرت روستاییان و کاهش شکاف بین شهر و روستا (توسعه پایدار جامعه روستایی) می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، سرمایه‌گذاری در عملیات حفاظت خاک با اولویت روش‌های حفاظتی مبتنی بر دانش بومی و توجه جدی به بخش حفاظت خاک در سیاست‌گذاری‌های خاک زراعی در برنامه‌های پنج‌ساله و تخصیص اعتبارات و بالاخره پرداخت یارانه سبز (اعتبارات ارزان قیمت یا پرداخت در قالب قیمت محصول به دلیل برخورداری محصول از کیفیت بالاتر در اراضی حفاظت شده) به کشاورزان برای حفاظت خاک به‌عنوان راهکار ارائه شده است.

جدول ۳: میانگین هزینه جایگزین فرسایش خاک بر اساس مدیریت شخم

هزینه فرسایش (ریال در هکتار) براساس مدیریت شخم			
استان	موازی شیب	عمود بر شیب	کل
گلستان	۱۷۶۸۷۰/۰	۱۲۶۵۶۷/۷	۱۶۱۵۲۲/۲
زنجان	۲۳۵۱۱۹/۴	۱۰۹۸۷۹/۳	۱۶۳۸۸۸/۰
آذربایجان غربی	۲۶۰۶۹۸/۰	۱۷۱۶۰۸/۰	۲۰۱۲۴۶/۲
کردستان	۲۶۰۷۹۴/۳	۱۸۲۵۵۰/۰	۲۱۳۵۹۳/۴
کرمانشاه	۲۶۷۷۸۸/۷	۱۸۸۸۳۳/۸	۲۲۵۴۴۲/۸
همدان	۲۰۳۲۳۱/۹	۱۰۰۵۳۰/۲	۱۶۷۹۳۴/۲
آذربایجان شرقی	۲۵۴۰۹۶/۶	۱۴۷۷۱۲/۰	۲۰۳۲۳۴/۶
کل	۲۴۶۴۵۹/۷	۱۴۷۶۸۸/۹	۲۰۴۴۱۱/۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

منابع

- حسینی، ص.، سلامی، ح. و قربانی، م. ۱۳۸۳. برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک اراضی گندم دیم مناطق شمال غرب ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ج ۳۵، ش ۴، ص ۹۴۳-۹۵۴.
- حسینی، ص. و قربانی، م. ۱۳۸۱. مدیریت حفاظت اراضی گندم دیم با تاکید بر دانش بومی در ایران. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ج ۱۶، ش ۱، ص ۱۹۲-۱۸۱.
- حیاتی، ب. ۱۳۸۵. بررسی نظریه کنترل بهینه در حاصلخیزی خاک. رساله دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- شاهویی، ص. ۱۳۷۷. فرسایش خاک و حاصلخیزی. تهران. انتشارات شابک.
- قربانی، م. ۱۳۸۰. بررسی اقتصادی فرسایش خاک در ایران: برآورد هزینه فرسایش آبی. رساله دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- قربانی پاشاکلاپی. ج. ۱۳۷۶. مقایسه کارایی اندازه و شکل‌های مختلف پلات جهت برآورد تولید در مناطق استپ، استپ مرتفع و نیمه استپ ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- منوری، ح. ۱۳۷۳. اهمیت سیاست‌های زیست‌محیطی در برنامه توسعه ملی. مجله علمی محیط زیست، ج ۷، ش ۲، ص ۷۵-۷۲.
- Abeygunawardena, P. and Samarakoon, S. M. 1994. Economics of upper-catchment management for irrigation development: The case of Mahaweli project in Sri Lanka. Proceeding of the first annual general meeting of Assian Society of Agricultural Economics, Seoul, Korea.
- Barbier, E. B. 1990. The farm level economics of soil conservation measures: The uplands. *Journal of Land Economics* 66:199-211.
- Burt, O. R. 1981. Farm level economics of soil conservation in the Palouse of the Northwest. *American Journal of Agricultural Economics* 63:83-91.
- Dixon, J. A. and Hufschmidt, M. M. 1986. Economic valuation techniques for the environment: A case study work book. Environment and Policy Institute, East West Center, Honolulu.
- Dixon, J. A., Scura, R., Carpenter, A. and Sherman, P. B. 1983. Soil loss and conservation planning in tea plantations of Sri Lanka. In: R. A. Carpenter(eds). National system for development: What planners need to know. New York: Macmillan, Inc.
- Gunatilake, H. M. and Vieth, G. R. 2000. Estimation of on-site cost of soil erosion: A comparison of replacement and Productivity change methods. *Journal of Soil and Water Conservation* 55(2):197-204.
- Gunatilake, H. M. and Abeygunawardena. P. 1992. An economic analysis of conservation in Tobacco lands in the Hanguranketha area of Sri Lanka. *Ind. Journal of Agricultural Economics* 48(1) : 106 – 112.
- Hertzler, G., Ibanez – Meier, C. A. and Jolly, R. W. 1985. User costs of soil erosion and their effect on agricultural land prices: Costate variable and capitalized Hamiltonians. *American Journal of Agricultural Economics* 67: 948 – 953.
- Hufschmidt, M. M., James, D. E., Meister, A. D., Bower, B. T., and Dixon, J. A. 1983. Environment, natural system, and development: An economic valuation guide. Environmental Policy Program, East West Center, Honolulu.
- Kim, S. H. and Dixon, J. A. 1986. Economic valuation of environmental quality aspects of upland agricultural projects in Korea. In: Dixon, J. A. and Hufschmidt, M. M.(edu). Valuation techniques for the environment: A case study work book. Baltimore: John Hopkins University.
- Miranowski, J. A. 1984. Impact of productivity loss on crop production and management in a dynamic economic model. *American Journal of Agricultural Economics* 66: 61 – 71.
- Predo, C., Grist, P., Menz, K., and Ranola. R. 1997. Estimating the on-site cost of soil erosion in the Philippines: The replacement cost approach. Imperata project. Paper improving smallholder farming systems in Imperata areas of Southeast Asia. No. 1997 – 8, 25 – 36.

- Samarakoon, S. M. M. and Abeygunawardena, P. 1995. An economic assessment of on-site effects of soil erosion in Potato lands in Nuwara Eliya district of Sri Lanka. *Journal of Sustainable Agriculture* 6:81-92.
- Segarra, E. and Taylor, D. B. 1987. Farm level dynamic analysis of soil conservation : An application to the piedmont area of Virginia . *Southern Journal of Agricultural Economics* 19(2): 61-73.
- Smith, E. G., Lerohl, M. and Messele, T. 1999. Optimum soil quality attribute levels and values. Presented at Western Agricultural Economics Association Annual, Fargo, ND.
- Van Kooten, G. C., Weisensel, W. P. and Dejong, E. 1989. Estimating the costs of soil erosion in Saskatchewan. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 37:63-75.
- Van Kooten, G. C. 1993. Land resource economics and sustainable development. Vancouver: University of British Columbia Press.
- Wiig, H., Aune, J. B., Glomsrod, S. and Iversen, V. 2001. Structural adjustment and soil degradation in Tanzania: A CGE model approach with endogenous soil productivity. *Agricultural Economics* 24:263-287.
-

The Application of Replacement Cost Approach in Estimating the Annual Cost of Water Soil Erosion in Iran

M. Ghorbani¹ and S. Hosseini²

Abstract

Effects of soil erosion in agricultural production emerge to decreasing form of quality and quantity of crops. Its effects in related to soil are poverty of nutrition and change of soil structure that following of these effects are cost in farm. In this paper, using field information of soil components in seven provinces including: West and East Azarbayjan, Hamedan, Kordestan, Zanjan, Golestan and Kermanshah and apply replacement cost approach, cost of soil erosion are estimated. Results showed that average annual cost of soil erosion in rainfed wheat lands in 1378-79 is 204411 rials per hectar. With assumption of constant cost for rainfed wheat lands, average annual cost of soil erosion for total rainfed wheat lands (3951 thousand hectar) of Iran is equal 807 billion rials. With regards to the results, investment on soil conservation practices, attentions to soil sector in policymaking on soil conservation, credit allocation and finally payment of green subsidy as suggestion is introduced.

Keywords: Soil erosion, cost of erosion, replacement cost method

1. Associate Professors of Ferdowsi University of Mashhad

2. Associate Professors of Tehran University
