

## برآورد هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک اراضی زیر کشت گندم دیم مناطق شمال غرب ایران

سیدصفدر حسینی<sup>۱</sup>، حبیب‌اله سلامی<sup>۲</sup> و محمد قربانی<sup>۳</sup>  
۱، ۲، استادیار و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران<sup>۳</sup>، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۱/۲۶

### خلاصه

در این مقاله تلاش شده است تا با بهره‌گیری از الگوی اقتصادی مک کانل گسترش یافته و با استفاده از اطلاعات میدانی در عرصه خاک، هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک در ساختاری پویا برآورد گردد. یافته‌های مطالعه بیانگر آن است که میانگین هزینه فرسایش خاک در هر هکتار برابر ۱۰۷۲۱/۹۸ ریال و برای کل اراضی زیر کشت گندم دیم معادل ۴۲/۲۳ میلیارد ریال می‌باشد. به علاوه هزینه فرسایش خاک رابطه مستقیمی نیز با قیمت محصول دارد، بنحویکه با افزایش قیمت محصولی که در این خاکها کشت می‌شود، هزینه فرسایش نیز افزایش می‌یابد. این مطالعه، پرداخت یارانه سبز به اقدامات حفاظت‌کننده خاک و در واقع اخذ مالیات پنهان از نظام‌های کشت نسبتاً فرساینده و سرمایه‌گذاری در حفاظت خاک را به عنوان راهکار در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوط به بخش کشاورزی ارائه داده است.

### واژه‌های کلیدی: خاک، فرسایش خاک و هزینه فرسایش

#### مقدمه

خاک یکی از مهمترین مؤلفه‌ها در فرایند تولید محصولات زراعی محسوب می‌شود. بدین جهت نقش کلیدی در امنیت غذایی، خودکفایی کشورها در تولید مواد غذایی، اقتصاد ملی و نیز بین‌الملل و کشاورزی پایدار و متوازن دارا می‌باشند (۹، ۱۲). فرسایش خاک به عنوان یکی از مشکلات جدی منابع طبیعی، از طریق هدر رفت فیزیکی خاک، کاهش عمق ریشه، آب قابل دسترس و ذخایر غذایی، موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود. علاوه بر این با کاهش فقر مواد غذایی خاک، از کیفیت محصولات نیز می‌کاهد (۲، ۶، ۱۱، ۱۵).

در ایران افزایش رشد جمعیت و تقاضای فزاینده برای مواد غذایی، فشار زیادی بر اراضی زراعی بویژه اراضی دیم با بیش از ۲۰ درصد شیب (زیرکشت غلات بویژه گندم) وارد نموده است (۴). تداوم چنین رویکردی در بهره‌برداری، کیفیت خاک را که

متأثر از عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است تحت تأثیر قرار داده و منجر به کاهش آن شده است. آمارها، حکایت از آن دارند که نرخ سالانه فرسایش در ایران برابر با ۳۳ تن در هکتار است (۱، ۴). لذا می‌توان انتظار داشت که فرسایش خاک سالانه هزینه‌های درون مزرعه‌ای زیادی را بر کشاورزان در قالب کاهش عملکرد محصول و کیفیت آن تحمیل نماید که جبران چنین فرایندی با گذشت زمان مشکل‌تر خواهد شد (۱۰، ۱۳). از این رو ضرورت دارد تا این هزینه‌ها کمی شوند و آثار ناشی از پدیده ملموس‌تر گردد و در نتیجه ارزش اقدامات و سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی در جلوگیری از هدر رفتن این منبع با ارزش طبیعی مشخص‌تر شود. در این مقاله تلاش شده است تا با بهره‌گیری از الگوی اقتصادی مک کانل (۲۱)، گسترش و بهبود آن هزینه‌های درون مزرعه‌ای فرسایش خاک برای اراضی گندم دیم برآورد گردد.

## مواد و روش‌ها

برای برآورد هزینه فرسایش خاک از معیار هزینه بهره‌بردار استفاده شده است. برای بررسی این مهم، در این مطالعه الگوی ارائه شده توسط مک کانل (۱۲) توسعه و بهبود داده شده است. در این الگو به لحاظ نظری برای تحلیل اقتصادی فرسایش خاک از نظریه کنترل بهینه<sup>۱</sup> بهره گرفته شده است. در این مطالعه فرض شده است که تولیدکنندگان تنها محصول گندم را در اراضی دیم تولید می‌کنند. تابع تولید محصول شبه مقعر کامل فرض شده و عملکرد محصول گندم تابعی از عمق خاک زراعی (متغیر وضعیت<sup>۲</sup>)، افت خاک، رطوبت خاک و سطح مصرف نهاده‌های متغیر تعریف شده است. بنابراین تابع تولید محصول گندم به شرح زیر بیان گردیده است:

$$Y_{it} = H_{it} \cdot F[SL_{it}, SD_{it}, X_{it}] \quad (1)$$

$$i=1,2,\dots,630 \text{ و } i=1,2,\dots,5$$

که در آن  $Y_{it}$  میزان عملکرد محصول گندم (کیلوگرم در هکتار)،  $H_{it}$  تغییر تکنولوژیکی خنثی،  $SL_{it}$  میزان افت خاک (تن در هکتار)،  $SD_{it}$  عمق خاک زراعی (ساتی‌متر) و  $X_{it}$  میزان نهاده‌های متغیر می‌باشد.  $X_{it}$  شامل میزان نهاده‌های متغیر موجود در خاک ( $X_{1it}$ ) و نهاده‌های اصلاحی اضافه شده به خاک برای جلوگیری از تخریب خاک ( $X_{2it}$ ) است. متغیر  $X_{1it}$  میزان مواد آلی  $OM_{it}$  (درصد)، میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی  $SM_{it}$  (درصد)، نیتروژن  $N_{it}$  (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، فسفر  $P_{it}$  (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و پتاسیم  $K_{it}$  خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) را نشان می‌دهد.  $X_{2it}$  شامل کودهای شیمیایی  $CF_{it}$  (کیلوگرم در هکتار) و حیوانی  $AF_{it}$  (تن در هکتار) می‌باشد که توسط تولیدکنندگان به خاک اضافه می‌شود<sup>۱</sup> و  $t$  بترتیب نشان دهنده شماره مزرعه و سال است. به لحاظ نظری مجموعه عوامل ذکر شده بر تولید گندم مؤثر می‌باشند اما در این مطالعه از بکارگیری عبارت  $X_{2it}$  صرف‌نظر شده است زیرا رفتار کشاورزان در استفاده یا عدم استفاده از این نهاده‌ها در اراضی گندم دیم مشابه بوده و به همین دلیل تأثیری بر تابع مورد برآورد نخواهد داشت.

اگرچه در اثر فرسایش، خاک زراعی تخریب شده و بخشی از آن از فرایندهای تولید خارج می‌شود اما از سوی دیگر تحت فرایندهای مختلف فیزیکی و شیمیایی مقداری خاک تولید می‌شود که می‌تواند مجدداً در فرایند تولید بکار گرفته شود. در اینجا افزایش برون‌زای عمق خاک زراعی با  $SF$  نشان داده شده است. رابطه (۲) عمق خاک زراعی را در سال  $t+1$  نشان می‌دهد. بر اساس این رابطه عمق خاک زراعی در سال  $t+1$  برابر عمق خاک در سال  $t$  به اضافه عمق ایجاد شده در اثر تشکیل طبیعی خاک منهای هدر رفت آن در اثر فرسایش است. در این رابطه نرخ فرسایش خاک توسط عامل  $a_i$  که نشان دهنده انجام یا عدم انجام عملیات حفاظتی در مزرعه<sup>۱</sup> ام است، تعدیل شده است. مقدار  $a_i$  در شرایط عدم بکارگیری عملیات حفاظتی برابر صفر و در صورت بکارگیری آن برابر  $0 < a_i < 1$  خواهد بود که به تغییرات شیب حساس است.

$$SD_{it+1} = SD_{it} + SF - (1 - a_i) SL_t \quad (2)$$

معادله ۲ برای محاسبه عمق خاک زراعی در طول زمان بکار می‌رود. این مقادیر محاسبه شده برای شبیه‌سازی عملکرد گندم در طول زمان (رابطه ۱) بکار گرفته شده است. در مطالعات گذشته فرض شده بود که کشاورزان هیچگونه عملیات حفاظتی را انجام نمی‌دهند (۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴). با توجه به اینکه در مناطق مورد مطالعه، کشاورزان از شخم عمود بر شیب برای حفاظت خاک (کاربرد دانش بومی در حفاظت خاک) استفاده می‌کنند، بر خلاف سایر مطالعات که این عامل را لحاظ نکرده و مقدار آن را صفر در نظر گرفته‌اند، در برآورد هزینه فرسایش خاک  $a_i$  در نظر گرفته شده است. در واقع نحوه شخم به عنوان شاخصی از عملیات حفاظتی خاک بکار گرفته شده است.

رابطه بین  $SF$  و  $SL_{it}$  چگونگی تغییرات (نرخ رشد متغیر)  $SD_{it}$  را مشخص می‌سازد. به عبارت دیگر تغییر عمق خاک زراعی در هر دوره زمانی برابر با میزان افزایش عمق خاک زراعی در اثر تولید (بازساخت) خاک منهای میزان هدر رفت آن می‌باشد. چگونگی بدست آوردن تغییرات عمق خاک زراعی در رابطه ۳ بیان شده است:

$$SD_{it+1} - SD_{it} = SF - (1 - a_i) SL_t \quad (3)$$

که در آن  $SD_{it}^{\bullet}$  برابر است با:

1. Optimal Control Theory
2. State Variable

$$SD(0) = SD_0$$

$$SD_{it} \geq 0 \quad (7)$$

که در آن  $SD(0)$  میزان اولیه خاک زراعی می‌باشد. با توجه به معادلات فوق ملاحظه می‌شود که بیشینه‌سازی رابطه ۵ نسبت به روابط ۶ و ۷، همان مسأله کنترل بهینه است که با توجه به آن می‌توان به قوانین عمومی تخصیص منابع دست پیدا کرد. تابع همیلتون تنزیل نشده معادلات ۵، ۶ و ۷ عبارتست از:

$$H(SL_{it}, SD_{it}, X_{it}, \lambda) = P_t [H_{it} F(SL_{it}, SD_{it}, X_{it}) - WX_{it}] + \lambda (SF - (1-a_i) SL_t) \quad (8)$$

که در آن  $\lambda$  متغیر هم وضعیت<sup>۳</sup> مربوط به معادله متغیر وضعیت<sup>۴</sup>  $SD_{it}$  است. از طریق بیشینه‌سازی تابع همیلتون نسبت به متغیرهای  $SL_{it}$ ،  $SD_{it}$ ،  $X_{it}$  و  $\lambda$ ، مقادیر بهینه آنها بصورت زیر بیان می‌شود:

$$P_t \frac{\partial H(SL_{it}, SD_{it}, X_{it}, \lambda)}{\partial SL_{it}} = \frac{\partial H(SL_{it}, SD_{it}, X_{it}, \lambda)}{\partial SD_{it}} \quad (9)$$

$$= P_t [H_{it} F_{SL}(SL_{it}, SD_{it}, X_{it})] - (1-a_i) \lambda = 0$$

$$\frac{\partial H(SL_{it}, SD_{it}, X_{it}, \lambda)}{\partial X_{it}} = P_t [H_{it} F_X(SL_{it}, SD_{it}, X_{it})] - W = 0 \quad (10)$$

$$\lambda \dot{=} r\lambda - \frac{\partial H}{\partial SD_{it}} = r\lambda - P_t [H_{it} F_{SD}(SL_{it}, SD_{it}, X_{it})] \quad (11)$$

$$SD_{it} = SF - (1 - a_i)SL_t \quad (12)$$

$$SD(0) = SD_0 \quad (13)$$

$$\lambda(T) = \frac{\partial R[SD(T)]}{\partial SD(T)} \quad (14)$$

در مورد نهاده‌های متغیر  $(X)$ ، رابطه ۱۰ نشان می‌دهد که ارزش تولید نهایی با هزینه آن برابر می‌باشد. این رابطه شرط تقاضا برای نهاده  $X$  را نشان می‌دهد. افت خاک زراعی تا جایی قابل تحمل خواهد بود که ارزش خاک زراعی از دست رفته با سود (صرفنظر شده) آینده حاصل از حفاظت خاک برابر گردد. در رابطه ۹ متغیر  $\lambda$  هزینه ضمنی افت خاک زراعی را نشان می‌دهد که همان هزینه بهره‌بردار ناشی از فرسایش خاک است. جمله  $P_t(H_{it}F_{SD})$  افزایش عمق خاک زراعی را در سود کنونی نشان می‌دهد. در صورتیکه عمق اضافی خاک زراعی تأثیری بر تولید فعلی نداشته باشد ( $F_{SD}=0$ )، ارزش خاک زراعی با نرخ

$$SD_{it}^* = SF - (1-a_i)SL_t$$

این معادله نشان می‌دهد که در صورت برابری هدر رفت خاک زراعی و نرخ بازساخت آن ( $SL_{it}=SF$ ) تغییر عمق خاک زراعی صفر ( $SD_{it}^*=0$ ) می‌گردد. در واقع در این حالت عمق خاک ثابت می‌ماند. در صورتی که  $SL_{it}>SF$  باشد آنگاه  $SD_{it}^* < 0$  خواهد شد. این مسأله شدت فرسایش خاک را در مقابل بازساخت طبیعی آن نشان می‌دهد. همچنین اگر  $SL_{it}<SF$  باشد، مؤید آن است که نرخ فرسایش خاک کمتر از بازساخت طبیعی خاک زراعی بوده؛ در نتیجه  $SD_{it}^* > 0$  خواهد شد.<sup>۱</sup>

عملکرد کشاورزان در ارتباط با میزان بهره‌برداری از خاک و حفظ حاصلخیزی آن به تأثیر آن بر میزان سود آنها بستگی دارد. فرض کنید که هدف کشاورزان از فعالیت بر روی زمین آن است که می‌خواهند مجموع ارزش حال جریان سود و ارزش زمین تحت کشت را در انتهای دوره برنامه‌ریزی بیشینه کنند. با توجه به آنچه بیان شد ارزش جریان سود در طول  $T$  سال عبارت است از:

$$J(SD_0) = \int_0^T e^{-rt} [P_t(H_{it}F(SL_{it}, SD_{it}, X_{it})) - WX_{it}] dt \quad (4)$$

که در آن  $r$  نرخ تنزیل مورد نظر کشاورز،  $P_t$  قیمت محصول و  $W$  بردار قیمت (هزینه) نهاده‌ها می‌باشد. در اینجا ارزش پایانی با  $R[SD(T)]$  بیان شده است که در آن  $R$  عبارت از ارزش فروش زمین (ارزش بازاری زمین در زمان پایانی  $T$ ) می‌باشد.  $R[SD(T)]$  بیانگر آن است که ارزش واقعی زمین تا حدودی به حاصلخیزی خاک بستگی دارد (۵). در واقع کشاورزان ارزش خالص مزرعه (NVF)<sup>۲</sup> را بیشینه می‌کنند یعنی:

$$\text{Max } NVF_i = J(SD_0) + R[SD(T)]e^{-rt} \quad (5)$$

$$\text{S.t } SD_{it} = SF - (1 - a_i)SL_t \quad (6)$$

۱. برای تبدیل میزان فرسایش خاک و نرخ باز ساخت خاک از واحد وزنی (تن در هکتار) به واحد طولی (سانتی‌متر) بر عدد  $133/333$  تقسیم شده اند (۱۴).

2. Net Value of Fram

3. Co-state Variable

4. State Variable

### نتایج و بحث

در این بخش ابتدا کاهش عملکرد محصول گندم به ازای هر سانتی‌متر خاک از دست رفته (رابطه ۹) برای کل نمونه محاسبه شده است که اطلاعات پایه‌ای در برآورد هزینه‌های فرسایش خاک محسوب می‌شود. سپس با توجه به این اطلاعات، هزینه فرسایش خاک در هر هکتار از اراضی دیم و در نتیجه کل هزینه فرسایش خاک برآورد شده است.

نتایج مربوط به کاهش نهایی عملکرد گندم در عمق‌های مختلف خاک زراعی در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که با افزایش عمق خاک زراعی، کاهش عملکرد محصول روند نزولی داشته و با کاهش آن افزایش یافته است. میانگین کاهش عملکرد در طبقات هفتگانه عمق خاک زراعی بترتیب برابر ۸۴/۶۳، ۴۹/۷۸، ۳۸/۹۰، ۳۳/۰۶، ۲۹/۲۹، ۲۶/۵۸ و ۲۳/۶۶ کیلوگرم در سانتی‌متر در هکتار می‌باشد. بیشترین کاهش عملکرد محصول در خاکهایی صورت گرفته که از عمق زراعی کمتری (کمتر از ۱۰ سانتی‌متر) برخوردار بوده‌اند. از این نتیجه می‌توان دلیل اصلی به تعویق انداختن عملیات حفاظت خاک از سوی برخی از کشاورزان را دریافت. باید توجه داشت که به دلایلی مانند پایین بودن سطح چنبر اراضی، نیاز به زمان طولانی (با نرخ‌های فرسایش ۲۵/۳۵ تن در هکتار) برای رسیدن به این عمق و قضاوت نهایی از کیفیت خاک بر اساس عملکرد محصول، چنبر واکنشی از سوی کشاورزان یک رفتار اقتصادی محسوب می‌شود.

آنچه در ارتباط با اطلاعات این جدول مهم می‌باشد این است که میزان کاهش عملکرد محصول گندم در سطوح اولیه عمق خاک زراعی ناشی از اثرات فرسایش بر هدر رفت خاک زراعی و کاهش کیفیت آن (بروز فقر مواد غذایی ناشی از کم شدن افق A) می‌باشد. این نتایج با یافته‌های ون کوتن و همکاران (۱۹۸۹) و ون کوتن (۱۹۹۳) مبنی بر کاهش شدید عملکرد محصول در خاکهای با عمق پایین سازگار است. بالاخره اینکه اطلاعات جدول نشان می‌دهد که سالانه میزان قابل توجهی از محصول گندم کشور که می‌توانست در اثر مدیریت مطلوب (مدیریت مبتنی بر بهره برداری صحیح از خاک، عدم تنزیل آن به سمت نسل کنونی و حفاظت از آن) بر خاک تولید

تنزیل (که فقط عواید سرمایه را نشان می‌دهد) افزایش خواهد یافت. معادله ۱۴ ارزش نهایی عمق خاک زراعی را در انتهای افق برنامه‌ریزی نشان می‌دهد که مساوی با تغییر در یک واحد عمق خاک زراعی است. در برآورد تابع عملکرد گندم فرض شده است که تولیدکنندگان از عمق خاک زراعی و رطوبت موجود در خاک آگاهی داشته و سایر شرایط مانند متوسط بارندگی، طول فصل و مقادیر کودها برای باقیمانده فصل زراعی ثابت باشد. در این مطالعه برای برآورد هزینه سالانه فرسایش خاک (هزینه بهره‌بردار) از روابط ۱ و ۹ تا ۱۴ استفاده شده است.

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از زمین‌های تحت کشت گندم دیم هفت استان کشور شامل آذربایجان شرقی و غربی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، گلستان و همدان در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ جمع‌آوری شده است. انتخاب محصول گندم به دلایلی از جمله استراتژیک بودن محصول برای کشور، اختصاص ۶۶ درصد اراضی شیبدار دیم به غلات (مهمترین آن گندم) و پوشش بستر خاک برای حداقل ۴/۳ سال، صورت گرفته است. اطلاعات اولیه مربوط به نمونه‌ها از سطح ۲۱ شهرستان گردآوری شده است. روش نمونه‌گیری کاملاً تصادفی بوده و برای انتخاب نمونه‌ها از مفهوم پلات استفاده شده است (۳، ۸). مزارع به عنوان واحد نمونه‌گیری انتخاب شده و برای انتخاب آنها چهار معیار شرایط آب‌وهوایی، جهت شیب، جهت شخم و کلاس‌های خاک مد نظر قرار گرفته است. تعداد واحدهای نمونه ۲۱۰ تعیین شده و در هر مزرعه سه پلات ۰/۲۵ متر مربع استقرار یافته است. در مجموع اطلاعات مورد نیاز مربوط به ۶۳۰ پلات جمع‌آوری شده است. در هر پلات متغیرهایی مانند عملکرد گندم، مؤلفه‌های خاک مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد آلی و رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، عمق خاک زراعی (افق A) و بالاخره جهت شخم، بافت خاک و شیب مزرعه اندازه‌گیری شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه از طریق نرم‌افزار SCAUF4، ویگ و همکاران (۲۰۰۱)، رفاهی (۱۳۷۵) و شاهویی (۱۳۷۷) متغیرهای تحقیق برای چهار سال شبیه‌سازی گردید. بنابراین در مجموع اطلاعات مربوط به ۳۱۵۰ نمونه مورد تحلیل قرار گرفته است. در مقاله حاضر از الگوی لگاریتمی - لگاریتمی برای برآورد تابع عملکرد محصول گندم استفاده شده است.

شود به دلیل رخداد فرسایش در اراضی زراعی دیم به هدر رفته و تولید نخواهد شد.

توزیع گامای برآورد شده برای عمق خاک‌های زراعی نشان می‌دهد که خاک‌های با عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر ۰/۳۷ درصد از اراضی کشور را تشکیل می‌دهند که دارای بیشترین کاهش عملکرد محصول گندم نیز می‌باشند در حالیکه خاک‌های با عمق بیش از ۲۰ سانتی‌متر تنها ۰/۰۱ درصد از اراضی را در بر می‌گیرند. بنابراین با توجه به نسبت‌های محاسبه شده- نسبتی از اراضی زراعی دیم با طبقات عمق خاک زراعی مشخص- نتیجه می‌شود که اکثر اراضی زراعی کشور دارای عمق کمتر از ۲۰ سانتی‌متر می‌باشند. همانطوریکه ملاحظه می‌شود ۰/۹۹ درصد از اراضی کشور دارای عمق‌هایی هستند که نرخ‌های کاهش عملکرد آنها بیش از ۳۳ کیلوگرم در سانتی‌متر در هکتار می‌باشند.

با توجه به نسبت‌های فوق‌الذکر، سطوح زیر کشت محصول گندم دیم محاسبه شده است. سطوح برآورد شده نشان می‌دهند که بترتیب ۴۳۴/۶۱، ۰۲۷/۲۶، ۱۷۳۸/۴۴، ۷۱۱/۱۸، ۳۸/۲۵، ۱/۱۴ و ۰/۰۴ هزار هکتار از اراضی زراعی کشور دارای میانگین عمق ۲/۵، ۷/۵، ۱۲/۵، ۱۷/۵، ۲۲/۵، ۲۷/۵ و بیش از ۳۵ سانتی‌متر می‌باشند. تنها ۳۹/۴۳ هزار هکتار از اراضی دیم دارای عمق بیش از ۲۰ سانتی‌متر می‌باشند که به لحاظ فرسایش و در نتیجه کاهش عملکرد نسبت به سایر طبقات عمق خاک زراعی دارای نرخ‌های پایین هستند.

در صورت تداوم فرسایش در اراضی با نرخ ثابت، در افق زمانی T برخی از طبقات عمق خاک زراعی از بین می‌روند. در این مطالعه با توجه به عمق خاک‌های زراعی، دو افق زمانی یعنی سال ۲۷ و ۵۴ در نظر گرفته شده و نسبت‌ها و سطوح زیرکشت متأثر از فرسایش خاک محاسبه شده است. محاسبات انجام شده نشان می‌دهد که بترتیب در سال ۲۷ و ۵۴ طبقه اول و دوم عمق خاک زراعی (۵-۰ و ۱۰-۵ سانتی‌متر) کاملاً از بین خواهد رفت. در چنین شرایطی طبقات پایین‌تر (دارای عمق بیش از ۱۰ سانتی‌متر) جایگزین طبقه یا طبقات از دست رفته خواهند شد. بنابر این نسبت‌ها و سطوح زیر کشت تحت تأثیر قرار خواهد گرفت که نتایج آن در جدول ۱ خلاصه شده است.

همانطوریکه ملاحظه می‌شود در سال ۲۷ نسبت اراضی زراعی با عمق کمتر از ۵ سانتی‌متر از ۰/۱۱ درصد به ۰/۳۷ درصد افزایش یافته است. همچنین نسبت اراضی زراعی با عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر از ۰/۲۶ درصد به ۰/۴۴ درصد ارتقاء یافته در حالیکه این نسبت در طبقات با بیش از ۱۰ سانتی‌متر عمق کاهش محسوسی داشته بنحویکه در گروه سوم عمق خاک زراعی (۱۰-۱۵ سانتی‌متر) این نسبت از ۰/۴۴ درصد به ۰/۱۸ درصد کاهش یافته است. نکته دیگر اینکه نسبت‌های اراضی زراعی با عمق‌های بیش از ۲۰ سانتی‌متر به شدت کاهش داشته است. با توجه به درصدها مشخص است که سطوح زیر کشت متأثر از فرسایش خاک در سال ۲۷ در عمق‌های کمتر از ۱۰ سانتی‌متر بشدت افزایش خواهد یافت که این مسأله توأم با کاهش عملکرد بالای گندم در این اعماق تأثیر بسیار زیادی بر هزینه‌های فرسایش خاک خواهد داشت. اطلاعات جدول نشان می‌دهد که در سال ۲۷ بترتیب ۱۴۶۱/۸۷، ۱۷۳۸/۴۴، ۷۱۱/۱۸، ۳۸/۲۵، ۱/۱۴، ۰/۰۴ و ۰/۰۲ هزار هکتار زراعی در طبقات یک تا هفت عمق خاک زراعی (۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰، ۲۰-۲۵، ۲۵-۳۰ و بیش از ۳۰ سانتی‌متر) قرار خواهند گرفت.

با نرخ ثابت فرسایش و نیز با مدیریت فعلی بر اراضی دیم و نیز عدم برنامه‌ریزی اصولی در زمینه حفاظت خاک، در سال ۵۴ علاوه بر اینکه نسبت‌ها و سطوح زیرکشت متأثر از فرسایش افزایش خواهد یافت، برخی از طبقات خاک وجود خارجی نخواهند داشت. در واقع سطوحی از اراضی زراعی با عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر که بشدت در معرض فرسایش خاک قرار دارند، برجسته شده و تقریباً کل اراضی دیم کشور را در بر خواهند گرفت. اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد که در سال ۵۴ (با نرخ‌های فعلی فرسایش)، ۳۲۰۰/۳۱ هزار هکتار از اراضی در طبقه اول (کمتر از ۵ سانتی‌متر) و ۷۱۱/۸۸ هزار هکتار در طبقه دوم عمق خاک زراعی (۱۰-۵ سانتی‌متر) قرار خواهند گرفت. در واقع ۳۹۱۱/۴۹ هزار هکتار (معادل ۰/۹۹ درصد) از کل اراضی زراعی دیم کشور دارای عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر خواهند بود که دارای بیشترین کاهش عملکرد در هکتار نیز می‌باشند. نکته دیگر اینکه در سال ۵۴ اراضی با عمق خاک زراعی بیش از ۳۰ سانتی‌متر وجود خارجی نخواهند داشت. به عبارت دیگر در اثر

با توجه به اطلاعات جدول، میانگین هزینه‌های فرسایش هر هکتار از اراضی زراعی (سناریوی قیمتی سه) در طبقات اول تا هفتم عمق زراعی بترتیب ۲۰۶۶۲/۸۷، ۱۲۰۴۳/۳۶، ۹۲۸۲/۲۹، ۶۵۸۰/۴۵، ۴۹۳۹/۹۳، ۴۳۵۰/۰۷ و ۳۵۹۱/۵۹ ریال برآورد شده است. ارقام جدول نشان می‌دهند که بیشترین و کمترین میزان هزینه فرسایش خاک مربوط به طبقات اول (۲۰۶۶۲/۸۷ ریال) و هفتم عمق خاک زراعی (۳۵۹۱/۵۹ ریال) است که نشان دهنده اختلاف فاحش هزینه‌ها در این دو طبقه می‌باشد. همچنین میانگین هزینه‌های فرسایش خاک در اراضی زراعی با عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر بیش از سایر عمق‌ها می‌باشد. این مساله از نرخ‌های بالای تخریب اراضی و در نتیجه فرسایش خاک در این عمق‌ها حکایت دارد. نکته دیگر اینکه فرسایش خاک پدیده‌ای است که در هر عمق خاک زراعی روی داده و جلوگیری کامل از آن تقریباً غیر ممکن است. به عبارت دیگر تحت عملیات حفاظتی و غیر حفاظتی هزینه‌هایی در سطح مزرعه (در کلیه عمق‌های خاک) ایجاد خواهد شد. میانگین هزینه‌های فرسایش خاک در سناریوی قیمتی سه ۱۰۷۲۱/۹۸ ریال در هکتار برآورد شده است که رقم قابل توجهی می‌باشد. به بیان دیگر به ازای هر هکتار از اراضی زراعی، سالانه معادل این رقم درآمد بهره‌برداران کشاورزی و در نتیجه رفاه آنها کاهش خواهد داشت.

سئوالات قابل طرح در اینجا این است که آیا افزایش قیمت محصولات کشاورزی، در تشویق کشاورزان به بهره‌برداری صحیح و در نتیجه حفاظت از آن مؤثر است؟ آیا مشکلات فرسایش خاک ناشی از کشاورزی پیشرفته از طریق یارانه‌ها قابل حل است؟ یا اینکه دلیل اصلی مشکلات مربوط به فرسایش خاک مرتبط با یارانه‌هایی است که در کشورهای در حال توسعه پرداخت می‌شود؟ این سئوالات به دلیل برخورداری کشورهای در حال توسعه مانند ایران از یارانه‌ها و از طرف دیگر ایجاد مشکلات زیست‌محیطی به ویژه در عرصه خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

دیدگاه غالب مطرح در زمینه رابطه بین قیمت محصول زراعی و فرسایش خاک آن است که با افزایش قیمت محصولات

فرسایش و کاهش عمق خاک زراعی به میزان ۱۰ سانتی‌متر در طبقه ششم قرار خواهند گرفت. این نتایج با یافته‌های مطالعه ون‌کوتن و همکاران (۱۹۸۹) مبنی بر تأثیرگذاری دراز مدت فرسایش خاک بر کاهش عمق خاک زراعی (حذف طبقه‌ای از آن) و پوشش گسترده آن بر اراضی دیم همسو و سازگار می‌باشد.

هزینه‌های فرسایش خاک زنگ هشدار دهنده‌ای برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی خواهد بود تا با اتخاذ برنامه‌ها و سیاست‌های مطلوب هم جهت با حفظ محیط زیست به ویژه خاک زمینه بهره‌برداری پایدار از این منبع نیمه تجدید شونده را فراهم آورند. هزینه‌های فرسایش خاک می‌توانند تقریبی از منافع حفاظت خاک باشند که از دست می‌روند. بنابراین می‌تواند در برنامه‌ریزی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مربوط به حفاظت خاک به عنوان یک شاخص توجیه کننده طرح‌های حفاظت خاک عمل نمایند. با بهره‌گیری از اطلاعات جدول مربوط به کاهش نهایی عملکرد گندم (جدول ۱)، میانگین و کل هزینه‌های فرسایش خاک تحت سه سناریوی قیمتی گندم (سناریوی یک، دو و سه بترتیب معادل قیمت ۸۵۰، ۱۰۰۰ و ۱۱۵۰ ریال) برآورد شده است.

نتایج مربوط به برآوردهای هزینه جاری فرسایش هر هکتار از اراضی زراعی در عمق‌های مختلف خاک (با توجه به میانگین نرخ فرسایش) در جدول ۲ خلاصه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول مشاهده می‌شود که با افزایش عمق خاک زراعی به دلیل افزایش کیفیت خاک، هزینه‌های فرسایش کاهش یافته است. این مساله نشان‌دهنده درجه تأثیر منفی فرسایش بر خاکهای کم عمق و در نتیجه خارج ساختن آن از عرصه تولید می‌باشد. آزمون دانکن وجود اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد در عمق‌های پایین خاک زراعی نشان می‌دهد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین برخی از سطوح بویژه عمق‌های بالای خاک زراعی دقیقاً این را رابطه مورد تأیید قرار داده و نشان می‌دهد که عمق‌های بالای خاک زراعی به لحاظ کیفیت اختلاف چندانی نداشته و هزینه‌های فرسایش خاک از تغییرات پایینی برخوردارند.

جدول ۱- کاهش عملکرد گندم در سطوح مختلف عمق خاک زراعی و توزیع آن

| سال ۵۴                |             | سال ۲۷                |             | سال جاری              |             | کاهش نهایی          | میزان متوسط   | طبقات عمق   |
|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|
| نسبت                  | سطح متاثر   | نسبت                  | سطح متاثر   | نسبت                  | سطح متاثر   | عمق خاک زراعی       | عمق خاک زراعی | خاک زراعی   |
| ارضی                  | (هزارهکتار) | ارضی                  | (هزارهکتار) | ارضی                  | (هزارهکتار) | (سانتی متر درهکتار) | (سانتی متر)   | (سانتی متر) |
| ۰/۸۱                  | ۱۴۶۱/۸۷     | ۰/۳۷                  | ۴۳۴/۶۱      | ۰/۱۱                  | ۸۴/۶۳       | ۲/۵                 | (۰ ۵]         |             |
| ۰/۱۸                  | ۱۷۳۸/۴۴     | ۰/۴۴                  | ۱۰۲۷/۲۶     | ۰/۲۶                  | ۴۹/۷۸       | ۷/۵                 | (۵ ۱۰]        |             |
| $۹/۶۸ \times 10^{-3}$ | ۷۱۱/۱۸      | ۰/۱۸                  | ۱۷۳۸/۴۴     | ۰/۴۴                  | ۳۸/۹۰       | ۱۲/۵                | (۱۰ ۱۵]       |             |
| $۲/۸۸ \times 10^{-4}$ | ۳۸/۲۵       | $۹/۶۸ \times 10^{-3}$ | ۷۱۱/۱۸      | ۰/۱۸                  | ۳۳/۰۶       | ۱۷/۵                | (۱۵ ۲۰]       |             |
| $۱/۰۴ \times 10^{-5}$ | ۱/۱۴        | $۲/۸۸ \times 10^{-4}$ | ۳۸/۲۵       | $۹/۶۸ \times 10^{-3}$ | ۲۹/۲۹       | ۲۲/۵                | (۲۰ ۲۵]       |             |
| $۵/۱۵ \times 10^{-7}$ | ۰/۰۴        | $۱/۰۴ \times 10^{-5}$ | ۱/۱۴        | $۲/۸۸ \times 10^{-4}$ | ۲۶/۵۸       | ۲۷/۵                | (۲۵ ۳۰]       |             |
| ۰                     | ۰/۰۰۲       | $۵/۱۵ \times 10^{-7}$ | ۰/۰۴        | $۱/۱ \times 10^{-5}$  | ۲۳/۶۶       | ۳۵                  | >۳۰           |             |

خاکی را کاهش خواهد داد. افزایش در قیمت محصول، کاهش در قیمت خاکورزی یا افزایش قیمت حفاظت، نرخ تخریب خاک زراعی را در کوتاه مدت شتاب می‌دهد (۷). بنابراین با توجه به این دیدگاه مالیات بر قیمت محصولات کشاورزی، به ویژه در نظام‌های زراعی فرساینده خاک می‌تواند نقش حفاظتی داشته باشد. با توجه به این مهم، تحلیل حساسیتی از تأثیر قیمت محصول گندم بر هزینه‌های فرسایش خاک صورت گرفته است که نتایج مربوطه در جدول ۲ ارائه شده است.

اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش قیمت محصول گندم میانگین هزینه‌های فرسایش خاک افزایش داشته است بنحویکه در عمق زراعی ۵ - ۰ سانتی‌متر میانگین هزینه فرسایش خاک در سناریوی قیمتی یک، دو و سه بترتیب ۱۵۲۷۲/۵۶، ۱۷۹۶۷/۷۲ و ۲۰۶۶۲/۸۷ ریال می‌باشد. میانگین هزینه‌های هر هکتار از اراضی زراعی در کل کشور در قیمت‌های سه‌گانه فوق‌الذکر بترتیب ۷۹۲۴/۹۴، ۹۳۲۳/۴۶ و ۱۰۷۲۱/۹۸ ریال برآورد شده است. بنابراین نتیجه می‌شود که افزایش قیمت محصول در افزایش هزینه‌های فرسایش خاک نقش بسیار مهمی دارد. این نتیجه با یافته برت (۱۹۸۱) سازگار است.

اطلاعات جدول ۳ نشان می‌دهد در سناریوی قیمتی سه کل هزینه‌های فرسایش خاک در سال جاری برای طبقات اول تا هفتم عمق خاک زراعی بترتیب ۸۹۸۰/۲۹، ۱۲۳۷۱/۶۶، ۱۶۱۳۶/۷۱، ۴۶۷۹/۸۸، ۱۸۸۱/۹۳، ۴/۹۴ و ۰/۱۵ میلیون ریال می‌باشد. همانطوریکه ملاحظه می‌شود کل هزینه خاکهای با

جدول ۲- برآورد میانگین هزینه‌های جاری فرسایش خاک

واحد: ریال در هکتار

| طبقات عمق  | نرخ سالانه فرسایش پلاتها (تن در هکتار) و قیمت‌های مختلف گندم (ریال در کیلوگرم) | سال جاری               | سناریوی قیمتی ۱       | سناریوی قیمتی ۲       | سناریوی قیمتی ۳ |
|------------|--|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| (۰ ۵]      |  | ۱۵۲۷۲/۵۶ <sup>ab</sup> | ۱۷۹۶۷/۷۲ <sup>a</sup> | ۲۰۶۶۲/۸۷ <sup>a</sup> |                 |
| (۵ ۱۰]     |  | ۸۹۰۱/۶۱ <sup>b</sup>   | ۱۰۴۷۲/۴۹ <sup>b</sup> | ۱۲۰۴۳/۳۶ <sup>b</sup> |                 |
| (۱۰ ۱۵]    |  | ۶۸۶۰/۸۲ <sup>c</sup>   | ۸۰۷۱/۵۶ <sup>c</sup>  | ۹۲۸۲/۲۹ <sup>c</sup>  |                 |
| (۱۵ ۲۰]    |  | ۴۸۶۳/۸۱ <sup>d</sup>   | ۵۷۲۲/۱۳ <sup>d</sup>  | ۶۵۸۰/۴۵ <sup>d</sup>  |                 |
| (۲۰ ۲۵]    |  | ۳۶۵۱/۲۵ <sup>e</sup>   | ۴۲۹۵/۵۹ <sup>d</sup>  | ۴۹۳۹/۹۳ <sup>e</sup>  |                 |
| (۲۵ ۳۰]    |  | ۳۲۱۵/۲۷ <sup>ef</sup>  | ۳۷۸۲/۶۷ <sup>ef</sup> | ۴۳۵۰/۰۷ <sup>e</sup>  |                 |
| >۳۰        |  | ۲۶۵۴/۶۵ <sup>f</sup>   | ۳۱۲۳/۱۲ <sup>f</sup>  | ۳۵۹۱/۵۹ <sup>f</sup>  |                 |
| میانگین کل |  | ۷۹۲۴/۹۴                | ۹۳۲۳/۴۶               | ۱۰۷۲۱/۹۸              |                 |

در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشترک اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهند

کشاورزی نرخ‌های فرسایش و در نتیجه هزینه‌های فرسایش خاک به دلیل افزایش بهره‌برداری از اراضی زراعی دیم (کشت متراکم) و عدم رعایت آیش برای افزایش ذخیره رطوبتی خاک، افزایش می‌یابد زیرا در چنین شرایطی به دلیل برخورداری محصولات کشاورزی از یارانه نهاده‌ها، از اراضی زراعی به صورت فشرده و یا گسترده بهره‌برداری می‌شود که در هر دو حالت فرسایش خاک تشدید خواهد شد. در واقع در بلند مدت چنین بهره‌برداری‌های ناشی از افزایش قیمت محصول ذخایر منابع

واحد: میلیون ریال

جدول ۳- برآورد هزینه‌های جاری فرسایش خاک

نرخ سالانه فرسایش پلانها (تن در هکتار) و قیمت‌های مختلف گندم (ریال در کیلوگرم)

| سال ۵۴                |                       |                       | سال ۲۷                |                       |                       | سال جاری              |                       |                       | طبقات عمق |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| سناریوی ۳             | سناریوی ۲             | سناریوی ۱             | سناریوی ۳             | سناریوی ۲             | سناریوی ۱             | سناریوی ۳             | سناریوی ۲             | سناریوی ۱             | خاک زراعی |
| ۶۶۱۲۷/۶۱ <sup>a</sup> | ۵۷۵۰۲/۲۷ <sup>a</sup> | ۴۸۸۷۶/۹۳ <sup>a</sup> | ۳۰۲۰۶/۴۴ <sup>a</sup> | ۲۶۲۶۶/۴۷ <sup>a</sup> | ۲۲۳۲۶/۵۰ <sup>a</sup> | ۸۹۸۰/۲۹ <sup>c</sup>  | ۷۸۰۸/۹۵ <sup>c</sup>  | ۶۶۳۷/۶۰ <sup>c</sup>  | (۰ ۵]     |
| ۸۵۶۵/۰ <sup>b</sup>   | ۷۴۴۷/۸۲ <sup>b</sup>  | ۶۳۳۰/۶۵ <sup>b</sup>  | ۲۰۹۳۶/۶۷ <sup>b</sup> | ۱۸۲۰۵/۸۰ <sup>b</sup> | ۱۵۴۷۴/۹۳ <sup>b</sup> | ۱۲۳۷۱/۶۶ <sup>b</sup> | ۱۰۷۵۷/۹۷ <sup>b</sup> | ۹۱۴۴/۲۷ <sup>b</sup>  | (۵ ۱۰]    |
| ۳۵۵/۰ <sup>c</sup>    | ۳۰۸/۷۰ <sup>c</sup>   | ۲۶۲/۳۹ <sup>c</sup>   | ۶۶۰/۱۳۸ <sup>c</sup>  | ۵۷۴۰/۳۳ <sup>c</sup>  | ۴۸۷۹/۲۸ <sup>c</sup>  | ۱۶۱۳۶/۷۱ <sup>a</sup> | ۱۴۰۳۱/۹۲ <sup>a</sup> | ۱۱۹۲۷/۱۳ <sup>a</sup> | (۱۰ ۱۵]   |
| ۷/۴۸ <sup>c</sup>     | ۶/۵۱ <sup>c</sup>     | ۵/۵۳ <sup>c</sup>     | ۲۵۱/۶۷ <sup>d</sup>   | ۲۱۸/۸۴ <sup>d</sup>   | ۱۸۶/۰۱ <sup>d</sup>   | ۴۶۷۹/۸۸ <sup>d</sup>  | ۴۰۶۹/۴۶ <sup>d</sup>  | ۳۴۵۹/۰۴ <sup>d</sup>  | (۱۵ ۲۰]   |
| ۰/۲۰ <sup>c</sup>     | ۰/۱۷ <sup>c</sup>     | ۰/۱۵ <sup>c</sup>     | ۵/۶۲ <sup>d</sup>     | ۴/۸۸ <sup>d</sup>     | ۴/۱۵ <sup>d</sup>     | ۱۸۸/۹۳ <sup>e</sup>   | ۱۶۴/۲۸ <sup>e</sup>   | ۱۳۹/۶۴ <sup>e</sup>   | (۲۰ ۲۵]   |
| ۰/۰۰۸۹ <sup>c</sup>   | ۰/۰۰۷۷ <sup>c</sup>   | ۰/۰۰۶۵ <sup>c</sup>   | ۰/۱۷ <sup>d</sup>     | ۰/۱۵ <sup>d</sup>     | ۰/۱۳ <sup>d</sup>     | ۴/۹۴ <sup>e</sup>     | ۴/۳۰ <sup>e</sup>     | ۳/۶۵ <sup>e</sup>     | (۲۵ ۳۰]   |
| . <sup>d</sup>        | . <sup>d</sup>        | . <sup>d</sup>        | ۰/۰۰۷۳ <sup>d</sup>   | ۰/۰۰۶۴ <sup>d</sup>   | ۰/۰۰۵۴ <sup>d</sup>   | ۰/۱۵ <sup>e</sup>     | ۰/۱۳ <sup>e</sup>     | ۰/۱۱ <sup>e</sup>     | >۳۰       |
| ۷۵۰۵۵/۳۰              | ۶۶۲۶۵/۴۸              | ۵۵۴۷۵/۶۶              | ۵۸۰۰۱/۹۶              | ۵۰۴۳۶/۴۸              | ۴۲۸۷۱/۰۱              | ۴۲۳۶۲/۵۶              | ۳۶۸۳۷/۰۱              | ۳۱۳۱۱/۴۴              | کل        |

در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشترک اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهند

نتایج مربوط به محاسبه کل هزینه‌های جاری بهره‌بردار ناشی از فرسایش خاک در سال ۲۷ نشان می‌دهد که در سناریوی قیمتی سه، کل هزینه فرسایش در عمق‌های هفتگانه بترتیب ۳۰۲۰۶/۴۴، ۲۰۹۳۶/۶۷، ۶۶۰/۱۳۸، ۲۵۱/۶۷، ۵/۶۲، ۰/۱۷ و ۰/۰۰۷۳ میلیون ریال برآورد شده است. همانطوریکه اطلاعات جدول نشان می‌دهد کل هزینه جاری بهره‌بردار در سال ۲۷ معادل ۵۸۰۰۱/۹۶ میلیون ریال برآورد شده است که در مقایسه با کل هزینه سال جاری (۴۲۳۶۲/۵۶ میلیون ریال) رشد قابل توجهی (حدود ۱۵۶۳۹/۳۹ میلیون ریال) داشته است. اطلاعات مربوط به کل هزینه جاری بهره‌بردار در سال ۵۴ نشان می‌دهد که اولاً در سال ۵۴ به دلیل از بین رفتن ۱۰ سانتی‌متر از عمق خاک زراعی، عملاً طبقه هفتم (خاکهای با بیش از ۳۰ سانتی‌متر عمق) وجود خارجی نداشته و کل هزینه فرسایش خاک صفر خواهد بود و ثانیاً کل هزینه‌های بهره‌بردار ناشی از فرسایش خاک نسبت به دو گزینه سال جاری و در سال ۲۷ رشد قابل توجهی خواهد داشت. این مسأله ناشی از تغییر نسبت‌ها و سطوح زیر کشت متأثر از فرسایش در جهت عمق‌های کمتر از ۱۰ سانتی‌متر است که در بخش‌های قبل به آن اشاره شده است. با توجه به اطلاعات ملاحظه می‌شود که میزان کل هزینه‌های بهره‌بردار در طبقات اول تا هفتم عمق خاک زراعی بترتیب ۶۶۱۲۷/۶۱، ۸۵۶۵، ۳۵۵، ۷/۴۸، ۰/۲ و

عمق بیش از ۲۰ سانتی‌متر اولاً بسیار کم بوده که ناشی از وجود عمق کافی برای رشد گیاه و حاصلخیزی آن است و ثانیاً در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نمی‌دهد در حالیکه در اراضی با عمق خاک زراعی کمتر از ۲۰ سانتی‌متر ارقام مربوط به کل هزینه بهره‌بردار اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهند. با توجه به مقادیر هزینه‌ها مشخص است که میزان این هزینه‌ها به دو عامل هزینه هر هکتار و سطح زیر کشت وابسته است بنحویکه در ارتباط با طبقه دوم و سوم اگرچه هزینه‌های هر هکتار از اراضی کمتر از طبقه اول است اما سطح زیر کشت متأثر از فرسایش خاک در این طبقات بیش از طبقه اول می‌باشد.

در ارتباط با بالا بودن کل هزینه‌های فرسایش در گروه اول نسبت به طبقه چهارم بیشتر میزان هزینه هر هکتار و در ارتباط با طبقات پنج، شش و هفت هر دو عامل سطح زیر کشت متأثر از فرسایش و هزینه هر هکتار از اراضی زراعی مؤثر بوده است. کل هزینه‌های جاری بهره‌بردار ناشی از فرسایش در کشور در سناریوی قیمتی سه معادل ۴۲۳۶۲/۵۶ میلیون ریال برآورد شده که رقم قابل توجهی می‌باشد. در واقع سالانه حدود ۴۲۳۶۲/۵۶ میلیون ریال سود بهره برداران کشاورزی کاهش خواهد یافت.



دیگر با کاهش (افزایش) نرخ تنزیل هزینه‌های بهره بردار ناشی از فرسایش افزایش (کاهش) خواهد یافت. علاوه بر این اگر نرخ تنزیل از مجموع نرخ تشکیل خاک و افزایش سرمایه بیشتر باشد، آنگاه از خاک بطور بی رویه بهره برداری خواهد شد (۷، ۱۲، ۱۴). با توجه به اهمیت نرخ تنزیل بر هزینه‌های فرسایش خاک، در این بخش ارزش حال کل هزینه‌ها و نیز متوسط سالانه هزینه هر هکتار فرسایش خاک برای سه سناریوی قیمتی گندم تحت ده گزینه نرخ تنزیل تحلیل حساسیت شده است که نتایج مربوطه در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

۰/۰۰۸۹ میلیون ریال می‌باشد. آزمون دانکن انجام شده نشان می‌دهد که تنها بین دو گروه اول با سایر گروهها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این ارقام حکایت از آن دارد که در صورت تدوام چنین بهره‌برداری‌هایی و عدم حفاظت خاک بخش اعظم هزینه‌های فرسایش در خاکهای با عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر ایجاد خواهد شد. کل هزینه جاری فرسایش خاک در کشور در سال ۵۴ معادل ۷۵۰۵۵/۳۰ میلیون ریال برآورد شده است. نرخ تنزیل در بهره برداری از منابع تجدید شونده از اهمیت جهانی برخوردار است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که نرخ تنزیل با هزینه‌های فرسایش خاک رابطه منفی دارد. به عبارت

جدول ۴- تحلیل حساسیت هزینه‌های فرسایش خاک نسبت به نرخ تنزیل

| نرخ سالانه فرسایش پلاتها (تن در هکتار) و قیمت‌های مختلف گندم (ریال در کیلوگرم) |           |           |           |           |           | نرخهای تنزیل (درصد) |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| سال ۵۴   |           |           | سال ۲۷    |           |           |                     |
| سناریوی ۳  | سناریوی ۲ | سناریوی ۱ | سناریوی ۳ | سناریوی ۲ | سناریوی ۱ |                     |
| ۲۱۴/۴۴   | ۱۸۹/۳۳    | ۱۵۸/۵۰    | ۱۶۵/۷۲    | ۱۴۴/۱۰    | ۱۲۲/۴۹    | ۳/۵                 |
| ۱۵۰/۱۱   | ۱۳۲/۵۳    | ۱۱۰/۹۵    | ۱۱۶       | ۱۰۰/۸۷    | ۸۵/۷۴     | ۵                   |
| ۱۰۰/۰۷   | ۸۸/۳۵     | ۷۳/۹۷     | ۷۷/۳۳     | ۶۷/۲۵     | ۵۷/۱۶     | ۷/۵                 |
| ۷۵/۰۶  | ۶۶/۲۷     | ۵۵/۴۸     | ۵۸        | ۵۰/۴۴     | ۴۲/۸۷     | ۱۰                  |
| ۶۰/۰۴  | ۵۳/۰۱     | ۴۴/۳۸     | ۴۶/۴۰     | ۴۰/۳۵     | ۳۴/۳۰     | ۱۲/۵                |
| ۵۰/۰۴  | ۴۴/۱۸     | ۳۶/۹۸     | ۳۸/۶۷     | ۳۳/۶۲     | ۲۸/۵۸     | ۱۵                  |
| ۴۲/۸۹  | ۳۷/۸۷     | ۳۱/۷۰     | ۳۳/۱۴     | ۲۸/۸۲     | ۲۴/۵۰     | ۱۷/۵                |
| ۳۷/۵۳  | ۳۳/۱۳     | ۲۷/۷۴     | ۲۹        | ۲۵/۲۲     | ۲۱/۴۴     | ۲۰                  |
| ۳۳/۳۶  | ۲۹/۴۵     | ۲۴/۶۶     | ۲۵/۷۸     | ۲۲/۴۲     | ۱۹/۰۵     | ۲۲/۵                |
| ۳۰/۰۲  | ۲۶/۵۱     | ۲۲/۱۹     | ۲۳/۲۰     | ۲۰/۱۷     | ۱۷/۱۵     | ۲۵                  |

جدول ۵- تحلیل حساسیت متوسط هزینه‌های سالانه هر هکتار فرسایش خاک نسبت به نرخ تنزیل واحد: ریال

| نرخ سالانه فرسایش پلاتها (تن در هکتار) و قیمت‌های مختلف گندم (ریال در کیلوگرم) |           |           |           |           |           | نرخهای تنزیل (درصد) |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| سال ۵۴   |           |           | سال ۲۷    |           |           |                     |
| سناریوی ۳  | سناریوی ۲ | سناریوی ۱ | سناریوی ۳ | سناریوی ۲ | سناریوی ۱ |                     |
| ۵۴۲۷۴/۸۷   | ۴۷۹۱۹/۵۱  | ۴۰۱۱۶/۴۳  | ۴۱۹۴۳/۸۱  | ۳۶۴۷۱/۷۸  | ۳۱۰۰۲/۲۸  | ۳/۵                 |
| ۳۷۹۹۲/۹۱   | ۳۳۵۴۳/۴۱  | ۲۸۰۸۱/۵۰  | ۲۹۳۵۹/۶۶  | ۲۵۵۳۰/۲۵  | ۲۱۷۰۰/۸۴  | ۵                   |
| ۲۵۳۲۷/۷۷   | ۲۲۳۶۹/۰۲  | ۱۸۷۲۱/۸۴  | ۱۹۵۷۲/۲۶  | ۱۷۰۲۱/۰۱  | ۱۴۴۶۷/۲۲  | ۷/۵                 |
| ۱۸۹۹۷/۷۲   | ۱۶۷۷۲/۹۷  | ۱۴۰۴۲/۰۱  | ۱۴۶۷۹/۸۳  | ۱۲۷۶۶/۳۹  | ۱۰۸۵۰/۴۲  | ۱۰                  |
| ۱۵۱۹۶/۱۵   | ۱۳۴۱۶/۸۶  | ۱۱۲۳۲/۶۰  | ۱۱۷۴۳/۸۶  | ۱۰۲۱۲/۶۰  | ۸۶۸۱/۳۴   | ۱۲/۵                |
| ۱۲۶۶۵/۱۵   | ۱۱۱۸۱/۹۸  | ۹۳۵۹/۶۵   | ۹۷۸۷/۳۹   | ۸۵۰۹/۲۳   | ۷۲۳۳/۶۱   | ۱۵                  |
| ۱۰۸۵۵/۴۸   | ۹۵۸۴/۹۱   | ۸۰۲۳/۲۸   | ۸۳۸۷/۷۵   | ۷۲۹۴/۳۵   | ۶۲۰۰/۹۶   | ۱۷/۵                |
| ۹۴۹۸/۸۶  | ۸۳۸۵/۲۱   | ۷۰۲۱      | ۷۳۳۹/۹۱   | ۶۳۸۳/۱۹   | ۵۴۲۶/۴۷   | ۲۰                  |
| ۸۴۴۳/۴۳  | ۷۴۵۳/۸۰   | ۶۲۴۱/۴۵   | ۶۵۲۴/۹۳   | ۵۶۷۴/۵۱   | ۴۸۲۱/۵۶   | ۲۲/۵                |

۷۵۹۸/۰۷

۶۷۰۹/۶۹

۵۶۱۶/۳۰

۵۸۷۱/۹۳

۵۱۰۵/۰۳

۴۳۴۰/۶۷

۲۵

رها کردن خاک زراعی به حال خود و عدم بهره برداری از آن می‌تواند در بهره برداری صحیح از این منبع نیمه تجدید شونده و حفاظت از آن تاثیر مطلوبی داشته باشد.

جدول ۵ متوسط هزینه بهره بردار تنزیل شده ناشی از فرسایش خاک را در هر هکتار از اراضی زراعی نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات مشخص است که هزینه هر هکتار از اراضی زراعی نیز مانند کل هزینه‌ها به نرخ‌های تنزیل حساس است. مضافاً آنکه هزینه بهره‌بردار در سالهای ۲۷ و ۵۴ نسبت به سال جاری رشد قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت به نحویکه در نرخ‌های زیر ۱۰ درصد نسبت به سال جاری ۴-۱/۴ برابر شده است.

با توجه به آنچه بیان شد ضرورت سیاست‌گذاری مطلوب در زمینه حفاظت از این منبع نیمه تجدید شونده اجتناب ناپذیر بوده بنحویکه در صورت عدم توجه به این مسأله چنین فرایندی علاوه بر ایجاد بحران در بخش خاک و تولیدات کشاورزی (تهدید امنیت غذایی و کشاورزی پایدار) می‌تواند بر سلامت خاک تأثیر منفی داشته باشد. یافته‌های مطالعه، سیاست پرداخت یارانه سبز به اقدامات حفاظت کننده خاک و در واقع اخذ مالیات ضمنی از نظام‌های کشت نسبتاً فرساینده خاک و سرمایه‌گذاری در حفاظت خاک را به عنوان راهکار در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوط به بخش کشاورزی ارائه داده است.

یافته‌های جدول ۴ موید آن است که نرخ تنزیل تاثیر بسیار زیادی بر هزینه‌های فرسایش خاک دارد بنحوی که با افزایش آن کل هزینه‌های فرسایش خاک روند نزولی خواهد داشت. به عنوان مثال ارزش حال کل هزینه‌های فرسایش در نرخ تنزیل ۳/۵ درصد، در سناریوی قیمتی سه و در سال ۲۷ برابر ۱۲۳ میلیارد ریال می باشد در حالیکه با افزایش نرخ تنزیل به ۱۷/۵ و ۲۵ درصد به ترتیب ۳۳ و ۲۳ میلیارد ریال رسیده است. وضعیت شاخص هزینه در سال ۵۴ مشابه می باشد بطوریکه ارزش حال کل هزینه‌های فرسایش خاک در نرخ‌های ۳/۵، ۱۷/۵ و ۲۵ درصد به ترتیب برابر ۲۱۵، ۴۳ و ۳۰ میلیارد ریال شده است. بنابراین نرخ تنزیل می‌تواند نقش بسیار مهمی را در عینی نمودن اثرات درون مزرعه‌ای فرسایش خاک داشته باشد. به بیان دیگر نرخ‌های پایین تنزیل مبین وجود هزینه‌های بالای فرسایش در درون مزرعه و بر عکس نرخ‌های بالای تنزیل از اهمیت فرسایش در عرصه خاک خواهد کاست. علاوه بر این بر نحوه بهره‌برداری از اراضی زراعی و به تبع آن تقویت و عدم تقویت خاک تاثیر خواهد گذاشت. به بیان دیگر با نرخ‌های بالای تنزیل هزینه‌های فرسایش خاک کاهش یافته، در نتیجه انگیزه بهره‌برداران کشاورزی برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های حفاظت خاک کاهش خواهد یافت. به همین دلیل پیدا کردن نرخ تنزیل بهینه مبتنی بر تولید نهایی منبع (باز تولید خاک) و نرخ ارزش سرمایه (نرخ رشد سرمایه به ارزش سرمایه مورد انتظار از طریق

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. رفاهی، ج. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. شاهویی، ص. ۱۳۷۷. فرسایش خاک و حاصلخیزی. تهران، انتشارات شابک.
۳. قربانی پاشاکلائی، 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.
۴. منوری، ج. ۱۳۷۳. اهمیت سیاست‌های زیست‌محیطی در برنامه توسعه ملی. مجله علمی محیط زیست، جلد ۷، (۲) ص. ۷۵-۷۲.
5. Babu, S. C., A. Hallam, & B. Rajasekaran. 1995. Dynamic modelling of agroforestry and soil fertility interactions: Implication for multidisciplinary research policy. *Agric. Econ*, 13:125-135.
6. Brown, L. R. & J. E. Young. 1990. *Feeding the World in nineties*. New York: W.W. Norton and Co. B.
7. Burt, O. R. 1981. Farm level economics of soil conservation in the Palouse of the Northwest. *Amer. J. Agric. Econ*, 63:83-91.

8. Cambell, R. S. & J. T. Cassady. 1949. Determining forage Weight on southern forest ranges. *J. Range Manage*, 2:30-32.
9. Furtan, W. H. & S. S. Hosseini. 1995. Economic and institutional considerations for soil depletion. *CSALE Occasinoal Paper*, No. 1.
10. Gunatilake, H. M. & G. R. Vieth. 2000. Estimation of on-site cost of soil erosion: A comparison of replacement and productivity change methods. *J. Soil and Water Conserv*, 55(2):197-204.
11. Lal, R. & B. R. Singh. 1998. Effects of soil degradation on crop productivity in East Africa. *J. Sus. Agric*, 12(4):15-36.
12. McConnel, K. 1983. An economic model of soil conservation. *Amer. J. Agric. Econ*, 65:83-89.
13. Samarakoon, S. M. M. & P. Abeygunawardena. 1995. An economic assessment of on-site effects of soil erosion in Potato lands in Nuwara Eliya district of Sri Lanka. *J. Sus. Agric*, 6:81-92.
14. Van Kooten, G. C., W. P. Weisensel, & E. Dejong. 1989. Estimating the costs of soil erosion in Saskatchewan. *Can. J. Agric. Econ*, 37:63-75.
15. Van Kooten, G. C. 1993. *Land resource economics and sustainable development*. Vancouver: University of British Colombia Press.
16. Walker, D. J. & D. L. Young. 1986. The effect of technical progress on erosion damage and economic incentives for soil conservation. *J. Land. Econ*, 62:83-93.
17. Wiig, H., J. B. Aune, S. Glomsrod, & V. Iversen. 2001. Structural adjustment and soil degradation in Tanzania: A CGE model approach with endogenous soil productivity. *Agric. Econ*, 24:263-287.

## **Estimating the On –Site Cost of Soil Erosion in Unirrigated Wheat Farmlands in the North West of Iran**

**S. S. HOSSEINI<sup>1</sup>, H. A. SALAMI<sup>2</sup>, AND M. GHORBANI<sup>3</sup>**

**1, 2, Assistant and Associate Professors, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, 3, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Mashhad University of Ferdowsi, Mashhad, Iran**

**Accepted. April. 15, 2004**

### **SUMMARY**

In this study an extended economical model of McConnel as well as field sampling were employed to estimate the cost of soil erosion on a farm scale. Results showed that the average cost of soil erosion was 10721.98 Rls/ha, giving a total of 42.23 billion Rls. for the whole study area. There is a direct relationship between soil erosion cost and the price of wheat, such that an increase in wheat price significantly increased the cost of soil erosion. This study recommends the subsidizing of the soil conservation practices, taxing the farms with high potential soil erosion, and investing in soil conservation for future agricultural planning and policies.

**Key words:** Soil, Soil erosion, Cost of erosion