

# بررسی تأثیر عملیات خاک‌ورزی بوسیله گاو آهن برگرداندار در میزان حرکت و جابجایی خاک در اراضی زراعی شیبدار (روش ردیابی سزیم - ۱۳۷)

بهزاد آزادگان ، حسینقلی رفاهی ، صابر شاهوئی و فرامرز مجد  
بترتیب دانشجوی دوره دکتری ، استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،  
استادیار دانشگاه کردستان و دانشیار گروه تحقیقات هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران .

تاریخ پذیرش مقاله: ۷۸/۴/۹

## خلاصه

این پژوهش به منظور برآورد میزان فرسایش در اثر عملیات خاک‌ورزی توسط گاو آهن برگرداندار در قطعه زمینی با شیبهای ۱۱-۳ درصد، با استفاده از روش ردیابی سزیم ۱۳۷ انجام شد. در این آزمایش ۱۶ کرت به ابعاد ۴×۴ متر شامل: ۸ کرت در جهت عمود بر شیب اصلی (۴ کرت برگردان به سمت راست و ۴ کرت برگردان به سمت چپ) و ۸ کرت دیگر در جهت شیب (۴ کرت رو به پائین و ۴ کرت رو به بالا) انتخاب گردید. در هر کرت مقدار  $10^4 \times 2/7$  بکرل سزیم - ۱۳۷ در یک کرت کوچک به ابعاد  $3 \times 5/0$  متر تا عمق شخم (۵/۰ متر) توزیع شد. سپس عملیات شخم انجام و از هر کرت اصلی ۱۲ نمونه خاک به فواصل ۵۰ سانتیمتری از هم با مته نمونه‌برداری شد. میزان فعالیت سزیم نمونه‌ها توسط دستگاه گاما اسپکترومتر اندازه‌گیری گردید. مقدار جابجایی و حرکت خاک در هر کرت محاسبه شد، که بر اساس آن متوسط مقدار جابجایی خاک در اثر عملیات موازی شیب در قطعه زمین تحت آزمایش، ۱/۲۰ تن در هکتار در سال در اثر یک بار شخم با گاو آهن برگرداندار برآورد گردیده است. این میزان حرکت و جابجایی خاک، باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در توان تولیدی و حاصلخیزی خاک می‌گردد. در شخم عمود بر شیب فرسایش خاک‌ورزی ۷۴/۵ بار کمتر از شخم موازی شیب می‌باشد. بنابراین انجام عملیات شخم در جهت شیب زمین صحیح نمی‌باشد و شخم در جهت عمود بر شیب (راستای خطوط تراز) موجب کاهش میزان فرسایش و خسارت حاصله از آن است.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، حرکت و جابجایی خاک، سزیم - ۱۳۷

## مقدمه

خاک‌ورزی عبارت است از عملیات مکانیکی که به منظور آماده‌سازی زمین برای زراعت روی خاک انجام می‌شود. هدف از خاک‌ورزی مطلوب، فراهم کردن بستر و محیط مناسب برای جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، اختلاط کامل بقایای گیاهی و کودهای مختلف با خاک، کنترل علفهای هرز، کنترل فرسایش خاک، کنترل رطوبت خاک (اجتناب از رطوبت زیاد خاک و تقلیل صدمات وارده

به گیاه در دوره کمبود رطوبت) می‌باشد (۱).

اجرای دائمی عملیات خاک‌ورزی در اراضی شیبدار در جهت عمود بر خطوط تراز باعث حرکت و جابجایی زیاد خاک می‌گردد. انجام عملیات صحیح خاک‌ورزی، استفاده از ادوات مناسب شخم، آگاهی و شناخت دقیق از تأثیری که در میزان جابجایی و حرکت خاک دارند، باعث می‌گردد، تا از تخریب خاک اراضی جلوگیری شده و به حفظ و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و

کشاورزی قاملو، شهرستان قروه، استان کردستان انجام گردید.

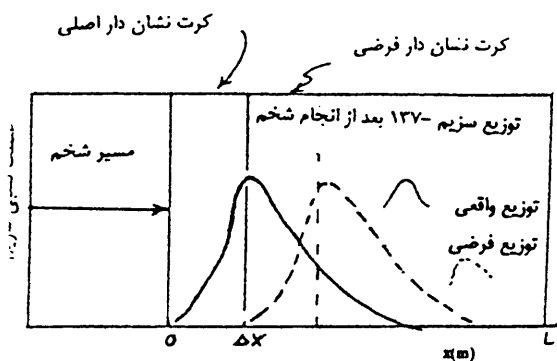
**مواد و روشها**

روش نظری که برای تعیین مقدار حرکت خاک در ارتباط با مقدار سزیم اندازه گیری شده توسط لوب و همکاران ارائه شده (۵)، عبارت است از: پخش سزیم - ۱۳۷ در یک کرت دارای عرض کم نسبت به مسافت توزیع توسط عملیات خاک ورزی، در این کرت های کوچک کاهش غلظت نسبی سزیم (فعالیت سزیم) بیانگر میزان حرکت خاک به داخل کرت و به خارج از کرت می باشد. در این حالت، امکان تخمین توزیع ردیاب سزیم در یک مرحله از عملیات، با استفاده از اندازه گیری فعالیت سزیم - ۱۳۷ توزیع شده در کرت های کوچک امکان پذیر است.

روش تخمین  $(\frac{C(x)}{C_0})$  که روش تخمینی منحنی تجمعی نامیده میشود در شکل (۱) نشان داده شده است در این فرض بر این است که ردیاب سزیم - ۱۳۷ در یک کرت نشاندار فرضی که بلافاصله در مجاورت کرت نشاندار اصلی قرار گرفته است، بوسیله عملیات خاک ورزی همانند و مشابه کرت اصلی توزیع خواهد یافت. شکل ۲ بیانگر موضوع توزیع مکانی غلظت نسبی سزیم - ۱۳۷ قبل و بعد از عملیات خاک ورزی برای یک کرت فرضی در مجاورت کرت اصلی سزیم نشاندار است.

$$T = \int_0^L \left( 1 - \frac{C(x)}{C_0} \right) \cdot MS \cdot dx \quad (1)$$

در رابطه (۱):



شکل ۲ - توزیع مکانی غلظت سزیم - ۱۳۷ قبل و بعد از انجام عملیات خاک ورزی برای یک کرت فرضی در مجاورت کرت اصلی سزیم نشاندار

بیولوژیکی آن کمک گردد. کارشناسان حفاظت خاک روشهای کم خاک ورزی را به منظور کاهش هدر رفت خاک بمنظور جلوگیری از کاهش عمق مفید جایگاه ریشه و تقلیل ذخیره رطوبت خاک پیشنهاد می نمایند (۳).

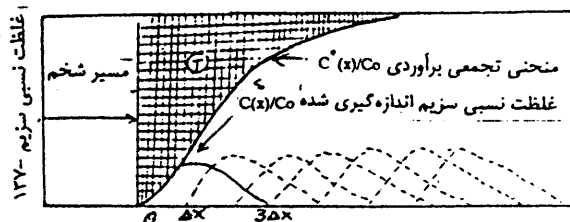
اولین بار مچ و فری با مطالعه بر روی حرکت و جابجایی خاک در اثر عملیات خاک ورزی به این نتیجه رسیدند که جابجایی انتقال خاک از شیبهای محدب به علت افزایش درجه شیب و انباشت خاک در شیبهای مقعر به علت کاهش درجه شیب می باشد (۴).

پاپندیک و همکاران تشکیل پشته های ۳ تا ۴ متری در عرض شیب را ناشی از خالص حرکت خاک به طرف پائین تحت تأثیر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار گزارش کردند (۵).

مطالعات کلاسیک فرسایش در اثر عملیات خاک ورزی توسط لیندستروم و همکاران، گوورز و همکاران، کوئین و همکاران، لوب و همکاران و شریف و همکاران انجام گردیده است (۵، ۶، ۷ و ۸).

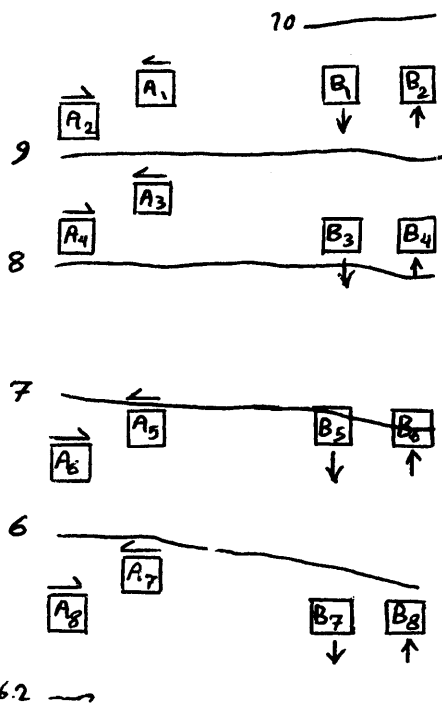
هدر رفت و یا انباشت خاک در نتیجه جابجایی غیریکواخت بوسیله ادوات شخم را فرسایش خاک ورزی می نامند که مقدار آن تابع طول و درجه شیب، سرعت و مسیر حرکت تراکتور، نوع ادوات، عمق شخم، بافت و رطوبت خاک می باشد.

چون آمار کمی و دقیقی از میزان فرسایش خاک ورزی (با توجه به  $\frac{1}{4}$  سطح اراضی شیب دار کشور) وجود نداشت، به علت اهمیت بسیار زیاد موضوع، این پژوهش با استفاده از ردیابی سزیم - ۱۳۷ تحت نظارت سازمان انرژی اتمی ایران در مزرعه تحقیقات

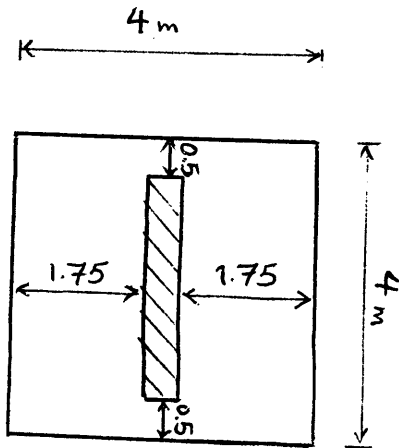


شکل ۱ - نمودار تخمینی منحنی تجمعی با توجه به توزیع مکانی غلظت نسبی اندازه گیری سزیم پس از انجام عملیات شخم بر روی یک کرت با غلظت نسبی اولیه

نوع حرکت تراکتور انتخاب شد که ۴ کورت برای حرکت رو به بالا - ۴ کورت برای حرکت رو به پائین در راستای عمود بر خطوط تراز، ۴ کورت با برگردان خاک به طرف بالا و ۴ کورت با برگردان خاک بطرف پائین در راستای خطوط تراز پیاده گردید. شکل ۳ نقشه شماتیک توپوگرافی زمین و کرتهاى آزمایش را نشان می‌دهد. - ابعاد هر کورت اصلی آزمایش ۴×۴ متر بوده است که در هر کورت اصلی یک کورت فرعی با ابعاد ۰/۵×۳ متر جهت توزیع و پخش سزیم - ۱۳۷ در نظر گرفته شد. شکل ۴ شماتیک یک کورت اصلی آزمایش و کورت فرعی آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه شماتیک توپوگرافی زمین و کرتهاى آزمایش



شکل ۴- شماتیک یک کورت اصلی آزمایش و کورت فرعی توزیع سزیم - ۱۳۷

$T =$  جرم کل خاک جابجا شده در واحد عرض (کیلوگرم بر متر) از ابتدای لبه کورت ( $X = 0$ )

$C(X) =$  غلظت سزیم - ۱۳۷ اندازه گیری شده (بکرل بر متر مربع) پس از انجام عملیات شخم در ارتباط با فاصله حرکت ( $X$ )  
 $C_0 =$  غلظت اولیه سزیم - ۱۳۷ مخلوط شده با خاک (بکرل بر متر مربع)

$M_S =$  جرم مخصوص ظاهری خاک داخل کورت سزیم دار اولیه (کیلوگرم بر متر مربع)

$L =$  حداکثر فاصله انتشار و توزیع سزیم خاک که در آن غلظت سزیم - ۱۳۷ معادل مقدار اولیه است  $C_0 = CX$

بیان ریاضی مراحل جمع بندی مقادیر سزیم - ۱۳۷ در تمام کرتهاى مجاور در هر فاصله  $X$  به صورت زیر است:  

$$\left(\frac{C^*(x)}{C_0}\right) = \frac{1}{\Delta X} \int_0^x C_0 \delta \frac{(x-z)}{C_0} dz \quad (2)$$

در این رابطه

$$\frac{C^*(x)}{C_0} = \text{منحنی تجمعی توزیع سزیم - ۱۳۷}$$

$$X = \text{عرض کورت نشاندار سزیم - ۱۳۷}$$

$C_0 \delta(x) =$  غلظت سزیم - ۱۳۷ اندازه گیری شده پس از انجام عملیات خاک ورزی (برای عرض یک کورت نشاندار)

$Z =$  پارامتر انتگرال

منحنی تجمعی  $\frac{C^*(x)}{C_0}$  بطور عددی با توجه به غلظت سزیم - ۱۳۷ توزیع شده برآورد می‌گردد و مقادیر آن برای محاسبه جابجائی خاک در واحد عرض شیب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش تحقیق:

آزمایش در قطعه زمینی با بافت متوسط (لوم تا لوم شنی)، وزن مخصوص ظاهری ۱۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ابعاد ۴۴×۷۲ متر با شیب ۳ تا ۱۱ درصد در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان، با توزیع سزیم - ۱۳۷ در خاک و اجرای عملیات خاکورزی با گاوآهن برگرداننده سه خیش انجام گرفته است. روش تحقیق شامل موارد زیر بوده است:

- با استفاده از دوربینهای تئودولیت و نیوو به ترتیب شبکه بندی و نقشه برداری زمین انجام گرفته است.

- نقشه توپوگرافی زمین تهیه شده و با استفاده از آن شیب هر کورت تعیین گردیده است.

- تعداد ۱۶ کورت (هرکورت شیب خاصی داشته است.) برای چهار

جدول ۱ - نسبت فعالیت تجمعی سزیم - ۱۳۷ با فاصله جابجایی خاک

برای شخم عمود بر شیب (بوسیله گاو آهن)

نام شیب	فاصله از کرت توزیع سزیم (متر)	متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم							
		۱	۲	۳	۴				
A7	۴	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۹	۰/۴۰	۰/۶۷	۰/۸۰	۱
A5	۵	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۶	۰/۳۷	۰/۶۱	۰/۸۴	۱
A3	۷	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۹۱	۰/۳۴	۰/۶۱	۰/۸۳	۱
A1	۸	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۰۱	۰/۳۲	۰/۶۰	۰/۸۴	۱

جدول ۲ - نسبت فعالیت تجمعی سزیم - ۱۳۷ با فاصله جابجایی خاک

برای شخم عمود بر شیب (بوسیله گاو آهن)

نام شیب	فاصله از کرت توزیع سزیم (متر)	متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم							
		۱	۲	۳	۴				
A8	۲	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۲	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۸۲	۱
A6	۶	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۱	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۸۵	۱
A2	۸	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۱۰	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۸۰	۱
A4	۱۱	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۲۰	۰/۳۰	۰/۵۳	۰/۷۳	۱

جدول ۳ - نسبت فعالیت تجمعی سزیم - ۱۳۷ با فاصله جابجایی خاک

برای شخم در جهت شیب (گاو آهن)

نام شیب	فاصله از کرت توزیع سزیم (متر)	متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم							
		۱	۲	۳	۴				
B7	۴	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۰۵	۰/۳۴	۰/۶۱	۰/۸۳	۱
B5	۵	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۶۹	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۷۱	۱
B1	۷	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۱۶	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۷۳	۱
B3	۸	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۶	۰/۲۰	۰/۳۹	۰/۵۷	۱

خاک مربوط به کرت فرعی تا عمق ۰/۱۵ متری برداشته شده و بر روی یک پلاستیک ضخیم قرار داده شده که مقدار  $2/7 \times 10^4$  بکرل بر کیلوگرم ماده سزیم - ۱۳۷ توسط یک آپاش با ۱۲ لیتر آب بر روی خاک توزیع شد که پس از اختلاط کامل، خاک مجدداً به داخل چاله کرت برگردانده شد.

عملیات شخم با گاو آهن برگرداندار برای چهار نوع حرکت در کرتها انجام شد. سرعت حرکت تراکتور ۴ کیلومتر در ساعت و عمق شخم ۰/۱۵ متر بوده است.

بعد از انجام عملیات شخم (طبق نقشه اجرایی آزمایش) از لبه کرت فرعی توزیع سزیم تعداد ۱۲ نمونه خاک با متای به قطر ۵ سانتیمتر و ارتفاع ۱۵ سانتیمتر تهیه گردید. فاصله نمونه برداریها از یکدیگر در هر کرت در طول مسیر حرکت ۰/۵ متر و در عرض آن یک متر بوده است.

مقدار فعالیت سزیم - ۱۳۷ نمونه‌های خاک (پس از آماده‌سازی نمونه‌ها) توسط دستگاه گاما - اسپکرومتر اندازه‌گیری شده است.

### نتایج و بحث

مقادیر فعالیت سزیم - ۱۳۷ نمونه‌ها (برحسب بکرل بر کیلوگرم) در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی ایران با دستگاه آشکار ساز (گاما اسپکرومتر) اندازه‌گیری گردید. برای هر کرت متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم - ۱۳۷ با فاصله جابجایی مربوطه تعیین گردید. سپس برای هر نوع حرکت (شامل ۴ کرت) یک رابطه توانی بر اساس لگاریتم طبیعی داده‌ها بدست آمد.

در جداول (۴ تا ۱) مقادیر فاصله نمونه‌برداری و نسبت فعالیت تجمعی سزیم در هر کرت ارائه شده است، همچنین (شکل‌های ۵ تا ۸) رابطه جابجایی و نسبت فعالیت تجمعی را برای هر حرکت نشان می‌دهد.

همانطوری که ملاحظه می‌گردد رابطه همبستگی نسبتاً بالایی  $(R^2 = 0/98)$  بین مقادیر نسبت فعالیت تجمعی سزیم توزیع شده در خاک و فاصله جابجایی آن وجود دارد که این همبستگی برای چهار نوع حرکت تقریباً مشابه است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با روش سزیم - ۱۳۷ می‌توان فاصله جابجایی خاک در اثر عملیات خاک ورزی را ردیابی کرد، همچنین دقت این روش با توجه به ضریب تعیین روابط بدست آمده بسیار بالا است.

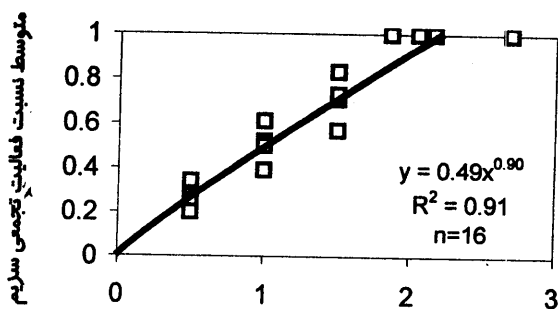
بر اساس روش تخمین منحنی تجمعی، مقدار خاک جابجا

همچنین رابطه حرکت و جابجایی خاک با شیب برای هر حرکت در شکل های ۹ تا ۱۲ نشان داده شده است.

با توجه به داده های جدول ۵ و شکل ۹، متوسط مقدار حرکت و جابجایی خاک در اثر عملیات خاک ورزی بوسیله گاواهن برای شخم موازی شیب و رو به پائین ۱۲۲/۸۴ تن در هکتار، ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر ۰/۹۹، و انحراف معیار (SD) برابر ۵/۰۷ و ضریب تغییرات داده ها (C.V) برابر ۱/۸۴ می باشد.

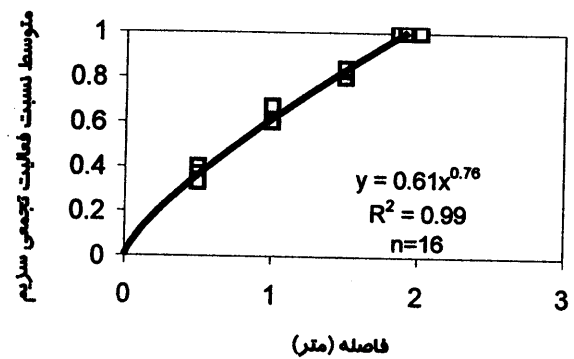
با توجه به جدول ۶ و شکل ۱۰، متوسط مقدار جابجایی و حرکت خاک در اثر عملیات خاک ورزی بوسیله گاواهن برای شخم موازی شیب با برگردان خاک رو به بالا ۸۲/۶۴ تن در هکتار، ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر ۰/۹۴، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب ۰/۲۶ و ۲/۲۳ می باشد.

با توجه به داده های (جدول ۷) و (شکل ۱۱)، متوسط مقدار حرکت و جابجایی خاک در اثر عملیات خاک ورزی بوسیله



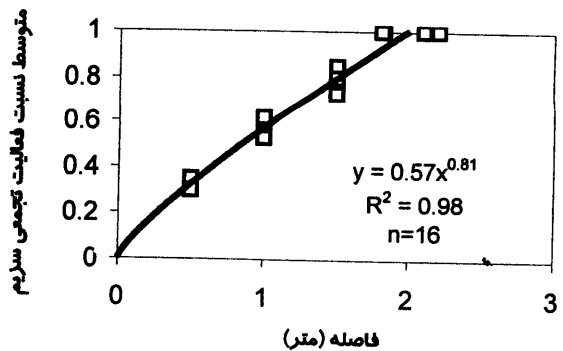
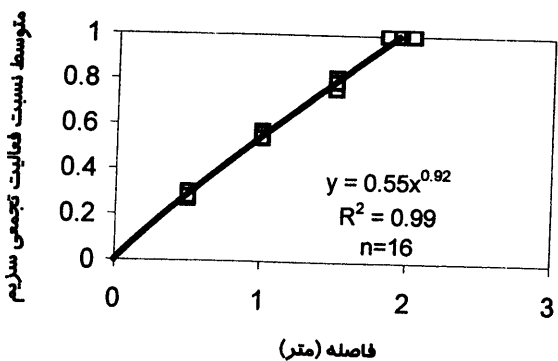
جدول ۴ - مقادیر نسبت فعالیت تجمعی سزیم - ۱۳۷ و فاصله جابجایی خاک، شخم موازی شیب و رو به بالا (بوسیله گاواهن)

نام کرت	شیب (درصد)	فاصله از کرت توزیع سزیم (متر)				متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم			
		۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
B8	۳	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۹۴	۰/۲۷	۰/۵۷	۰/۸۱	۱
B6	۶	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۹۲	۰/۳۰	۰/۵۶	۰/۷۶	۱
B2	۸	۰/۵	۱	۱/۵	۲/۰۳	۰/۳۰	۰/۵۶	۰/۷۹	۱
B4	۱۱	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸۵	۰/۲۸	۰/۵۴	۰/۷۹	۱



شکل ۵ - رابطه متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم با فاصله جابجایی خاک برای شخم عمود بر شیب (بوسیله گاواهن)

شکل ۷ - رابطه متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم با فاصله جابجایی خاک برای شخم در جهت شیب (بوسیله گاواهن)



شکل ۶ - رابطه متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم با فاصله جابجایی خاک برای شخم عمود بر شیب (گاواهن)

شکل ۸ - رابطه متوسط نسبت فعالیت تجمعی سزیم با فاصله جابجایی خاک برای شخم در جهت شیب (بوسیله گاواهن)

شده بر حسب کیلوگرم بر متر در واحد عرض کرت، برآورد گردیده و سپس با توجه به طول شیب زمین، مقدار حرکت و جابجایی خاک تعیین شده است. در جداول ۵ تا ۸ مقادیر شیب، حرکت و جابجایی و جریان خاک برای چهار نوع حرکت ارائه گردیده است.

گاو آهن برای شخم عمود بر شیب در برگردان به طرف پائین ۱۰۲/۸ تن در هکتار، ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر ۰/۸۹، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌ها به ترتیب ۰/۶۳ و ۲/۴۶ می‌باشد. با توجه به داده‌های (جدول ۸) و (شکل ۱۲)، متوسط مقدار حرکت و جابجائی خاک در اثر عملیات خاک‌ورزی بوسیله گاو آهن برای شخم عمود بر شیب با برگردان خاک به طرف بالا ۹۵/۸ تن در هکتار، ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر ۰/۸۰، و انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب ۰/۶۶ و ۲/۷۸ می‌باشد.

مقدار خالص حرکت و جابجائی خاک برابر مقدار مابه التفاوت متوسط مقادیر حرکت رو به پایین و رو به بالا است. بنابراین متوسط مقدار حرکت و جابجائی خاک در اثر یک بار عملیات خاک‌ورزی با گاو آهن برگرداندار در شخم موازی شیب برابر ۲۰/۱ تن در هکتار می‌باشد که براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سطح یک درصد معنی دار می‌باشد. این مقدار حرکت و جابجائی خاک در مقدار کل فرسایش خاک قابل ملاحظه است.

اما مقدار حرکت و جابجائی خاک بوسیله گاو آهن برای حرکت عمود بر شیب (مابه التفاوت متوسط مقادیر حرکت در برگردان بطرف پائین و بالا) برابر ۳/۵ تن در هکتار می‌باشد. این مقدار جابجائی خاک قابل ملاحظه نبوده و براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی دار نمی‌باشد.

#### نتیجه‌گیری

- ۱- عملیات خاک‌ورزی در اراضی زراعی شیب‌دار بایستی در جهت عمود بر شیب زمین انجام شود، زیرا فرسایش خاک‌ورزی آن ۵/۷۴ برابر نسبت به شخم موازی شیب کمتر می‌باشد.
- ۲- عمق شخم بیش از ۰/۱۵ متر موجب حرکت و جابجائی بیشتر خاک می‌گردد. بنابراین عمق شخم حداکثر ۰/۱۵ متر مناسب است.
- ۳- از انجام عملیات خاک‌ورزی در اراضی با شیب بیش از ۱۲ درصد خودداری شود زیرا موجب جابجائی و تلفات بیشتر خاک بویژه در حرکت رو به پائین و موازی شیب می‌گردد.
- ۴- روش اجرای عملیات خاک‌ورزی هر سال تغییر داده شود. چون تکرار عملیات خاک‌ورزی به یک روش مشابه در طولانی مدت موجب تغییراتی در بافت، عمق و ساختمان خاک گردیده و تلفات خاک بیشتری را به همراه دارد.
- ۵- کاربرد ادوات عریض و سنگین خاک‌ورزی باعث جابجائی

جدول ۵ - مقادیر شیب، حرکت و جابجایی و جریان خاک، شخم موازی شیب و روبه پائین (بوسیله گاو آهن)

نام کرت	شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)	حرکت و جابجایی خاک (تن)	درهکتار
B7	۳	۱۸۱/۰	۲۵/۱	
B5	۶	۲۰۷/۳	۲۸/۸	
B1	۸	۲۲۹/۴	۳۱/۸	
B3	۱۱	۲۶۷/۴	۳۷/۱	

جدول ۶ - مقادیر شیب، حرکت و جابجایی و جریان خاک، شخم موازی شیب و روبه بالا (بوسیله گاو آهن)

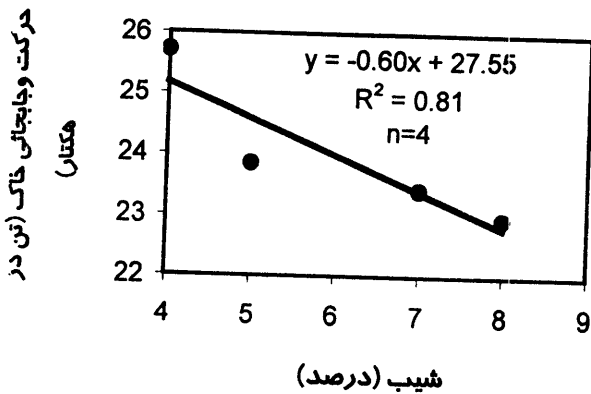
نام کرت	شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)	حرکت و جابجایی خاک (تن)	درهکتار
B8	۳	۱۷۱/۸	۲۳/۸	
B6	۶	۱۵۰/۹	۲۱/۰	
B2	۸	۱۴۱/۸	۱۹/۷	
B4	۱۱	۱۳۰/۹	۱۸/۲	

جدول ۷ - مقادیر شیب، حرکت و جابجایی و جریان خاک، شخم عمود بر شیب و برگردان خاک بطرف بالا (بوسیله گاو آهن)

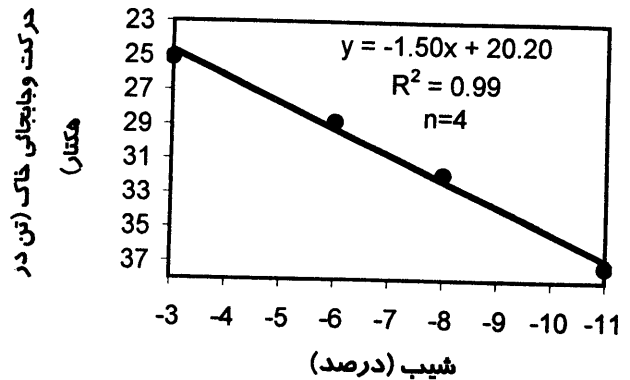
نام کرت	شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)	حرکت و جابجایی خاک (تن)	درهکتار
A7	۴	۱۸۵/۲	۲۵/۷	
A5	۵	۱۷۱/۸	۲۳/۸	
A3	۷	۱۶۸/۷	۲۳/۴	
A1	۸	۱۶۵/۳	۲۲/۹	

جدول ۸ - مقادیر شیب، حرکت و جابجایی و جریان خاک، شخم عمود بر شیب و برگردان خاک بطرف پائین (بوسیله گاو آهن)

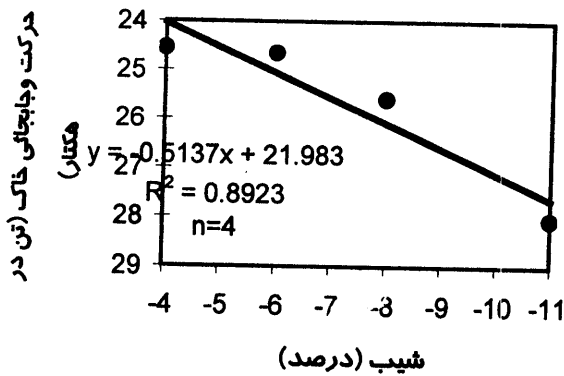
نام کرت	شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)	حرکت و جابجایی خاک (تن)	درهکتار
A8	-۴	۱۷۶/۹	۲۴/۵	
A6	-۶	۱۷۷/۶	۲۴/۶	
A2	-۸	۱۸۴/۴	۲۵/۶	
A4	-۱۱	۲۰۲/۰	۲۸/۰	



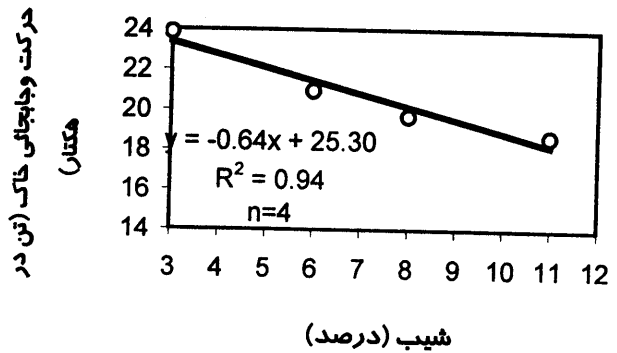
شکل ۱۱ - رابطه حرکت و جابجایی خاک با شیب، شخم عمود بر شیب و برگردان خاک بطرف بالا (بوسیله گاواهن)



شکل ۹ - رابطه حرکت و جابجایی خاک با شیب، شخم موازی شیب و رو به پایین (بوسیله گاواهن)



شکل ۱۲ - رابطه حرکت و جابجایی خاک با شیب، شخم عمود بر شیب و برگردان خاک بطرف پایین (بوسیله گاواهن)



شکل ۱۰ - رابطه حرکت و جابجایی خاک با شیب، شخم موازی شیب و روبه بالا (بوسیله گاواهن)

لوب و همکاران مقدار فرسایش خاک ورزی را ۵۴ تن در هکتار، کاپانوسکی ۶۸ تا ۸۲ تن در هکتار، لیندستروم و همکاران ۳۰ تن در هکتار و گورز و همکاران ۲۳/۴ تن در هکتار در اثر عملیات خاک ورزی گزارش کرده اند. (۵ و ۶).

تفاوت در مقدار برآورد حرکت و جابجایی خاک در گزارشات مختلف به درجه و طول شیب، عمق شخم، نوع بافت خاک، سرعت حرکت تراکتور، نوع ادوات مورد استفاده و روش کار مربوط می باشد.

در این تحقیق عمق شخم ۰/۱۵ متر، حداکثر شیب ۱۱ درصد و طول شیب ۷۲ متر بوده است که متوسط مقدار فرسایش خاک ورزی ۲۰/۱ تن در هکتار در یک بار عملیات بوسیله گاواهن برگرداندار برآورد شده است.

بیشتر خاک و متراکم کردن آن گردیده که موجب تشدید میزان رواناب و فرسایش آبی خواهد شد.

۶- رطوبت هنگام اجرای عملیات خاک ورزی بایستی در حد مناسب (گاورو) باشد، رطوبت کم خاک موجب خرد شدن بیش از حد کلوخه ها و پودر شدن خاک شده و رطوبت بیش از حد خاک مشکلات ناشی از گله خرابی را بوجود می آورد.

۷- سرعت حرکت تراکتور بایستی ۳ تا ۴ کیلومتر در ساعت باشد. سرعت بیشتر تراکتور در هنگام اجرای عملیات شخم علاوه بر عدم یکنواختی عمق شخم (در اثر تغییرات شیب) در حرکت روبه پائین شیب، مقدار جابجایی و حرکت خاک را افزایش می دهد.

## مراجع مورد استفاده

## REFERENCES

- ۱ - شفیع، س.ا. ۱۳۷۴. ماشینهای خاک‌ورزی. مرکز نشر دانشگاهی تهران.
2. Brown, R.B., Cutshall, N.H. and Kling, G.F. 1981. Agricultural erosion indicated by Cs137 redistribution :I. Levels and distribution of Cs 137 activity in soils. Soil. Sci. Am.j.45 : 1184-1190.
3. Dejong, E., Villar, H. and Bettany, R.J. 1982. preliminary investigation on the use of Cs137 to estimate erosion in saskatchewan. Can.j.Soil. Sci : 62 : 673-687.
4. Lemme, G.D. 1990. Soil movement by tillage as affected by slope. Soil till. Res. 17:255-268.
5. Lindstrom, M.J., Nelson, W.W and Schumacher, T.E. 1992. Quantifying tillage erosion rates due to mouldboard plowing. soil till. Res. 24:243-255.
6. Lobb, D.A., Kachanoski, R.G and Miller M.H. 1995. Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape position measured using Cs137 as a tracer. Can.j.soil Sci. vol (75) : p : 211-218.
7. Walling, D.E. and Quine T.A. 1991 : use of 137 Cs measurement to investigate soil erosion on arable field sintheuk : potential application and limitations. J. Soil Sci. 42 : 142-165.
8. Karim sharifat and R.Lal kusbwoba 1997. Soil translocation with tillage: A physical model., Tillage translocation and tillage erosion, An international symposium. can. j.soil Sci. P: 305.



**Estimating Soil Erosion Due to Moldboard Plowing in Sloping  
Agricultural Land Using Cs137 as Tracer.**

**B. AZADGHN, H. RAFAHI, S. SHAHOOEI and F. MAGD**

**Respectively PHD. student, Professor Faculty of Agriculture, University of Tehran,**

**Assistant professor, University of Kordestan and Associate Professor,**

**Atomic Energy Organization Karaj, Iran.**

**Accepted, June 30, 1999**

**SUMMARY**

The objective of this research was to find the effect of moldboard plowing on displacement and movement of soil to predicted its loss. The translocation of soil by tillage was determined using Cs137 as a tracer. The rate of slope was 3-11%. In this experiment 8 plots were plowed parallel to slope direction and 8 ones perpendicular to slope direction. Plots were 4 m in length, 4 m in width and 0.15 m was the plow depth. Each plot was divided into subplots of 3 m length and 0.5 m width. Sampling positions were 0.5 m across to correspond with plot length. Plots were sampled, 12 samples each using a soil probe. Cs137 ( $2.7 \times 10^4$  Bq) was applied to the surface of the soil. Cs137 activity in soil samples was determined using a gamma ray spectrometer. In this study average soil erosion was  $20.1 \text{ tons ha}^{-1} \cdot \text{Year}^{-1}$  per once moldboard plowing. This rate of erosion is considerable in reduced soil productivity and fertility. Therefore the best recommended way to plow in slopes of any steepness is across the slope with furrows being turned only upwards.

**Key Words:** Soil redistribution, Cesium 137, Tillage translocation