

# تأثیر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار در حرکت و جابجائی خاک در اراضی زراعی شیبدار (روش قطعات فلزی)

بهزاد آزادگان، حسینقلی رفاهی، صابر شاهوئی و سید احمد طباطبائی فر  
به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،  
استادیار دانشگاه کردستان و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۲۸/۴/۹

## خلاصه

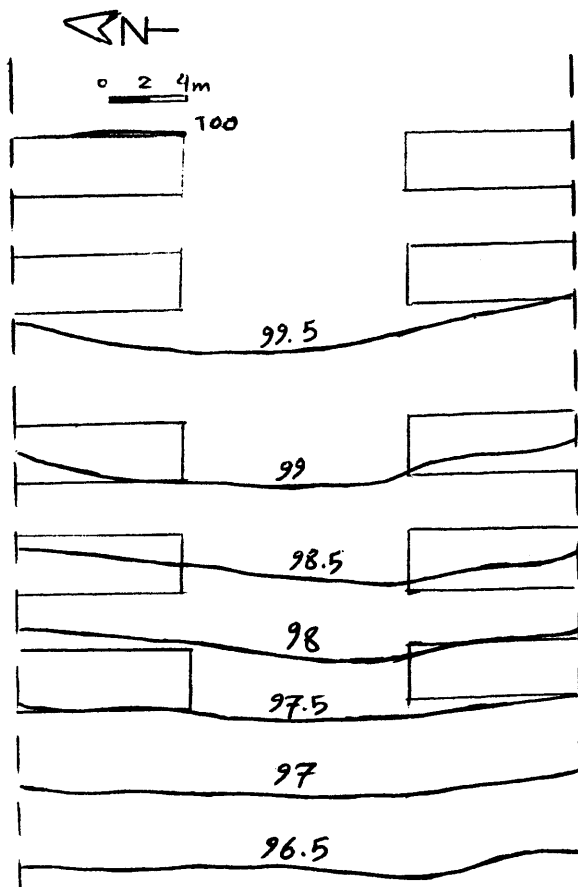
عملیات خاک ورزی در اراضی زراعی شیبدار باعث حرکت و جابجائی خاک به میزان قابل توجهی میشود. این پژوهش بمنظور بررسی تأثیر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار در جابجائی و حرکت خاک در قطعه زمینی با شیب مرکب ۲ تا ۱۴ درصد در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قاملو، استان کردستان انجام شده است. در این روش، قطعات آلومینومی با ابعاد ۱×۱×۱ سانتی متر در دو عمق ۷ و ۱۲ سانتی متر خاک سطحی بعنوان نشانه جایگذاری گردیدند. فواصل نشانه‌ها از یکدیگر در کرتهای (۴۰×۴۰) و (۸۰×۸۰) سانتی متر به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی متر بوده است. حرکت دارای ۵ ردیف و ۵ ستون بوده که حفره‌ای بقطر ۵ سانتی متر با مته برای جایگذاری هر نشانه ایجاد گردیده است. آزمایش با چهار نوع حرکت مختلف تراکتور شامل حرکت رو به بالا و به پائین (موازی شیب زمین) و حرکت با برگردان خاک بطرف بالا و پائین (عمود بر شیب) انجام شد تعداد ۴۸ کرت با شش نوع شیب متفاوت در این آزمایش مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله میزان جابجائی نشانه‌ها ۰/۲ تا ۰/۶ متر و مقدار جریان خاک ۴۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر متر در واحد عرض برآورد شده است. متوسط خالص جابجائی و توزیع مجدد خاک برای حرکت رو به پائین شیب ۰/۸ تا ۱۴ تن در هکتار در اثر یک بار عملیات خاک ورزی در سال برآورد گردیده است. ضریب تعیین رابطه شیب با مقدار متوسط جابجائی خاک ۰/۸۳ بوده است. در این پژوهش عمق شخم ۰/۱۵ متر، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب و سرعت حرکت تراکتور ۳/۵ کیلومتر در ساعت بوده است. از عوامل موثر در جابجائی و حرکت خاک میتوان شکل و درجه شیب، عمق شخم، بافت خاک، رطوبت خاک و سرعت حرکت تراکتور را نام برد.

## واژه‌های کلیدی: شخم گاو آهن، جابجائی خاک، فرسایش خاک، اراضی شیبدار

### مقدمه

جابجائی و توزیع مجدد خاک در اراضی زراعی شیبدار بیشتر در گرو تحذب و تقعر شیب می‌باشد که سبب هدایت خاک از گرده شیب به سمت پائین دره میگردد. جابجائی و انتقال خاک، از طریق تراشیده شدن برجستگی‌های فوقانی تپه‌ها، تدریجاً باعث کاهش عمق مفید خاک شده و بطور غیر مستقیم بر میزان فرسایش آبی تأثیر میگذارد، بطوریکه رواناب افزایش یافته و ذخیره رطوبت خاک نیز کاهش

یکی از مشکلات اراضی زراعی شیبدار انتقال و جابجائی بسیار زیاد خاک در اثر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار است. این نوع جابجائی خاک به عوامل مختلفی از جمله نوع بافت خاک، میزان رطوبت خاک، عمق شخم، عرض کارگاو آهن، سرعت حرکت تراکتور، جهت شخم، درجه و طول شیب زمین بستگی دارد.



شکل ۱- نقشه شماتیک توپوگرافی زمین و محل انتخاب کرت‌های آزمایش

۴ کرت به ابعاد  $0/4 \times 0/4$  متر و ۴ کرت به ابعاد  $0/8 \times 0/8$  متر به گونه‌ای پیاده گردید که فاصله جایگذاری نشانه‌ها از یکدیگر به ترتیب  $0/1$  و  $0/2$  متر و هر کرت دارای ۵ ردیف و ۵ ستون باشد. ۳- در هر کرت تعداد ۲۵ حفره با متا ایجاد شد. در هر حفره یک عدد نشانه در عمق  $0/12$  متر با حرف D و یک نشانه در عمق  $0/07$  متر با حرف U در وسط آن قرار داده شد. پس از قرار دادن هر نشانه در وسط حفره روی آن با خاک نرم پر شده و (توسط چوبی با همان قطر حفره) تا حد مطلوب متراکم گردید. بدین ترتیب در هر حفره دو عدد نشانه و در هر کرت ۵۰ عدد نشانه جایگذاری شد. بر روی هر نشانه با عدد، شماره ردیف و با حرف (D یا U) عمق آن حک شده بود.

۴- آزمایش در هر کرت، با چهار نوع حرکت تراکتور شامل حرکت رو به بالا و رو به پائین (در جهت شیب زمین) حرکت با برگردان

می‌یابد. حاصل نهائی عملیات خاک ورزی در شیبهای مرکب، برداشت خاک از بخش محدب و جایگذاری آن در قسمت مقعر و یکنواخت کردن سطح تپه‌ها است.

در سال ۱۹۴۲ مچ و فری<sup>۱</sup> میزان فرسایش خاک در اثر عملیات خاک ورزی در یک کرت  $6 \times 30$  متر را  $2/2$  تن در هکتار گزارش کردند. در سال ۱۹۹۰ لیندستروم و همکاران با قرار دادن گویهای شش ضلعی آهنی در درون خاک فرسایش خاک ورزی را بررسی و معادلاتی ارائه دادند. نامبردگان در سال ۱۹۹۲ نیز تحقیقات دیگری برای اصلاح معادلات خود انجام دادند و میزان فرسایش در اثر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار را  $30$  تن در هکتار در سال برآورد نمودند (۱ و ۲).

گوروز و همکاران در سال ۱۹۹۴ با قرار دادن گویهای شش ضلعی با پوشش پلاستیکی عملیات خاک ورزی را با گاو آهن برگرداندار بررسی و فرسایش خاک ورزی را  $23/4$  تن در هکتار برآورد کردند (۳).

بررسی موضوع عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار با توجه به وسعت حدود  $3/4$  سطح اراضی زراعی شیبدار کشور اهمیت شایان توجهی دارد. معمولاً بعلت سهولت انجام عملیات، کوچک بودن عرض قطعات زمین، شخم در جهت شیب زمین و رو به پائین انجام میشود. چون آمار کمی در خصوص میزان جابجائی و توزیع مجدد خاک وجود داشت، این پژوهش با استفاده از جایگذاری قطعات آلومینومی مکعبی با ابعاد  $1 \times 1 \times 1$  سانتی متر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قاملو، شهرستان قروه، استان کردستان، برای برآورد جابجائی و توزیع مجدد ذرات خاک انجام شده است.

### مواد و روشها

آزمایش در قطعه زمینی با مساحت  $2070$  متر مربع به ابعاد  $30 \times 69$  متر و شیب ۲ تا ۱۴ درصد به شرح زیر انجام شده است: ۱- با استفاده از دوربین تنودولیت، شبکه بندی زمین ( $3 \times 3$  متر) انجام گرفته و از دوربین نیوو برای تعیین خطوط تراز و تهیه نقشه توپوگرافی استفاده شد. شکل ۱ نقشه شماتیک توپوگرافی زمین و محل انتخاب کرت‌های آزمایش را نشان میدهد.

۲- در این آزمایش شش شیب متفاوت در نظر گرفته شد. در هر شیب

نشانه بعنوان جابجائی خاک و مقادیر  $Y$  به عنوان جابجائی در مسیر حرکت تراکتور در شیب صفر منظور شد. برای حرکت در جهت شیب زمین نیز مقادیر  $Y$  نشانه بعنوان مقدار جابجائی خاک و مقادیر  $X$  آن بعنوان جابجائی در شیب صفر، منظور گردید.

۸- خصوصیات فیزیکی خاک در آزمایشگاه خاکشناسی طبق روشهای معمول تعیین گردید. بافت خاک، شنی لومی و وزن مخصوص ظاهری آن ۱۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است.

### نتایج و بحث

گورز و همکاران توزیع خاک را توسط عملیات خاک

ورزی یک فرآیند با پیوستگی مکانی می‌دانند آنها با استفاده از معادله پیوستگی رسوب، حرکت خاک در روی یک شیب را مورد بررسی قرار دادند:

$$\rho b \times \frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{\partial Q_s}{\partial X} \quad (1)$$

که در آن:

$Pb$  = وزن مخصوص ظاهری خاک،  $t$  = زمان،  $h$  = ارتفاع یک

نقطه خاص بر روی دامنه شیب،

$Q_s$  = جریان رسوب در مسیر  $X$  و در واحد عرض،  $X$  = فاصله افقی

در صورت معرفی یک رابطه مناسب برای  $Q_s$  معادله (۱) قابل حل است.

رابطه خطی حرکت با شیب به صورت معادله (۲) بیان میشود:

$$\bar{d} = A + BG \quad (2)$$

که در آن:

$\bar{d}$  = میانگین جابجائی خاک در مسیر بالا و پائین در یک بار انجام

عملیات،  $G$  = شیب زمین، که علامت آن در صورت حرکت رو به

بالا مثبت و در حرکت رو به پائین منفی است.  $B, A$  ضرایب ثابت که

از تجزیه و تحلیل رابطه همبستگی بدست می‌آیند. با فرض جهت مثبت

برای  $X$  بطرف پائین شیب، میزان جریان خاک در رابطه با جابجائی

آن در حرکت تراکتور روبه پایین از معادله (۳) و برای حرکت

تراکتور به طرف بالای شیب، از معادله (۴) قابل محاسبه خواهد بود.

$$Q_{sdown} = \rho b \times \bar{d}_{down} \times D \quad (3)$$

$$Q_{sup} = \rho b \times \bar{d}_{up} \times D \quad (4)$$

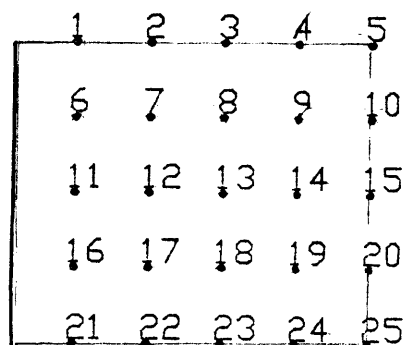
که در آنها:

$D$ : عمق شخم،  $\rho b$  = وزن مخصوص ظاهری خاک،

خاک به طرف بالا و پائین (در جهت عمود بر شیب زمین) توسط گاو آهن برگرداندار با عمق شخم ۰/۱۵ متر انجام شد. سرعت حرکت تراکتور در طول آزمایش ثابت و ۳/۵ کیلومتر در ساعت بوده است. ۵- بمنظور ردیابی و پیدا کردن نشانه‌ها، در هر کرت پس از انجام عملیات شخم، ابتدا محل هر کرت طبق نقشه بر روی زمین مشخص شد. سپس از ابتدای لبه کرت با یک کاردک فلزی قطعات حدود یک سانتی متری را از خاک جدا نموده و با کنار زدن خاک توسط فرچه موئی برای پیدا کردن نشانه‌ها اقدام گردید. در صورت پیدا کردن یک نشانه اولاً شماره و عمق جایگذاری آن ثانیاً فاصله نشانه از دو شاخص ابتدای لبه کرت بوسیله متر اندازه گیری و یادداشت گردید. فاصله دو شاخص از یکدیگر ۱/۵ متر بوده است. شکل ۲ شماتیک یک کرت و محل جایگذاری نشانه‌ها را نشان میدهد.

۶- مقدار جابجائی هر نشانه در جهت  $X$  و  $Y$  به ترتیب جابجائی افقی و عمودی با استفاده از اطلاعات صحرائی جمع آوری شده به روش ترسیم هندسی تعیین گردید (بر روی کاغذ میلیمتری محل جایگذاری اولیه و نشانه‌ها در یک کرت مشخص شد، سپس یک نیم دایره با پرگار بفاصله مقدار جابجائی نشانه از هر شاخص ترسیم گردید که محل تقاطع آنها بر روی کاغذ میلیمتری با توجه به جایگذاری اولیه نشانه بیانگر مقدار جابجائی نشانه می‌باشد). سپس متوسط مقادیر  $Y, X$  در هر کرت نیز بر اساس متوسط جابجائی نشانه‌های ردیابی شده برآورد گردید. در این آزمایش بیش از ۹۰ درصد نشانه‌ها در هر کرت پیدا شدند.

۷- مقدار متوسط جابجائی و حرکت خاک در هر شیب برای هر نوع حرکت تعیین گردید. برای حرکت در جهت عمود بر شیب، مقادیر  $X$



شکل ۲ - شماتیک یک کرت آزمایش

جدول ۲ - مقادیر متوسط جابجایی، جریان خاک و شیب، شخم عمود بر شیب (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)

شیب (درصد)	متوسط جابجایی (متر)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)
-۱۵/۴	۰/۳۰	۶۰/۷
-۱۲	۰/۳۲	۶۴/۸
-۱۱/۵	۰/۳۰	۶۰/۷
-۷	۰/۳۰	۶۰/۷
-۳/۷	۰/۲۸	۵۶/۷
-۲/۸	۰/۲۵	۵۰/۶
۲/۷	۰/۲۲	۴۶/۶
۳/۴	۰/۲۵	۵۰/۶
۷	۰/۲۵	۵۰/۶
۱۱/۹	۰/۲۵	۵۰/۶
۱۲/۷	۰/۲۷	۵۴/۷
۱۵/۴	۰/۲۶	۵۲/۷

جدول ۳ - مقادیر متوسط جابجایی، جریان خاک و شیب، شخم موازی شیب

شیب (درصد)	متوسط جابجایی (متر)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)
-۱۴	۰/۶۰	۱۲۱/۵۰
-۱۲	۰/۵۰	۱۰۱/۲۵
-۱۱/۴	۰/۴۰	۸۱/۰۰
-۷/۲	۰/۴۵	۹۱/۱۲
-۴/۱	۰/۴۰	۸۱/۰۰
-۳/۱	۰/۳۰	۶۰/۷۵
۳/۲	۰/۲۸	۵۶/۷۰
۴/۲	۰/۳۰	۶۰/۷۵
۷/۱	۰/۲۴	۴۸/۶۰
۱۱/۹	۰/۲۵	۵۰/۶۲
۱۴/۳	۰/۲۰	۴۰/۵۰
۱۱/۵	۰/۲۹	۵۸/۷۲

با توجه به داده‌های جدول ۱ و همچنین شکل ۳ میتوان نتیجه‌گیری نمود که در حرکت عمود بر شیب زمین، ضریب تعیین شیب با مقدار جابجایی خاک  $0/61 (R^2)$  می‌باشد. متوسط جابجایی و حرکت خاک در برگردان به طرف پایین و بالا به ترتیب  $0/18$  و  $1/44$  متر بوده که متوسط خالص حرکت خاک برابر  $0/18$  متر و متوسط مقدار جریان خاک در واحد عرض  $36/45$  کیلوگرم بر متر می‌باشد، بدین ترتیب مقدار جابجایی و حرکت خاک

$Q_{sdown}$  = میزان جریان خاک بطرف پائین،  $Q_{sup}$  = میزان جریان خاک بطرف بالا، با فرض یک بار عملیات خاک ورزی در طول سال، خالص جریان خاک به طرف پائین در طول یکسال در واحد عرض کرت عبارت است از:

$$Q_s = \frac{Q_{sdown} + Q_{sup}}{2} = \frac{D \times \rho b (d_{down} - d_{up})}{2} \quad (5)$$

$$G_{down} = -G_{up} = \frac{\partial h}{\partial x} \quad (6)$$

(۷)

$$Q_s = D \times \rho b [(A+B G_{down}) - (A+B - G_{down})]/2$$

$$Q_s = D \times \rho b B G_{down} \quad (8)$$

$$Q_s = -k \frac{\partial h}{\partial x} = -D \times \rho b \times B \quad (9)$$

K ثابت انتشار نامیده میشود که با توجه به معادله پیوستگی خواهیم داشت:

$$\rho b \times \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial Q_s}{\partial x} = -k \frac{\partial h^2}{\partial (x)^2} \quad (10)$$

که همان معادله انتشار است.

با استفاده از معادله (۲) و نتایج حاصل از این پژوهش رابطه خطی شیب با مقدار جابجایی برای هر حرکت و هر شیب تعیین گردید. نتایج در جدولهای ۱ تا ۴ درج شده و همچنین شکل های ۳ تا ۶ مربوط به داده‌های جداول مزبور می‌باشد.

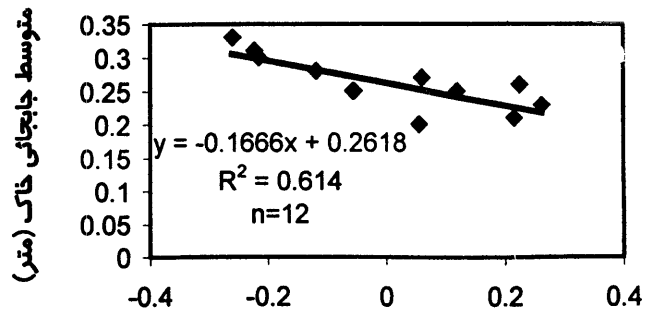
در جدول (۱) مقادیر متوسط جابجایی، جریان خاک و شیب برای حرکت در جهت عمود بر شیب زمین در کرت  $0/4 \times 0/4$  متر درج شده است.

جدول ۱ - مقادیر متوسط جابجایی، جریان خاک و شیب، شخم عمود بر شیب

شیب (درصد)	متوسط جابجایی (متر)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)
-۱۴/۶	۰/۳۳	۶۶/۸
-۱۲/۶	۰/۳۱	۶۲/۸
-۱۲/۲	۰/۳۰	۶۰/۷
-۶/۸	۰/۲۸	۵۶/۷
-۳/۳	۰/۲۵	۵۰/۶
-۳/۲	۰/۲۵	۵۰/۶
۳/۲	۰/۲۰	۴۰/۵
۳/۴	۰/۲۷	۵۴/۷
۶/۸	۰/۲۵	۵۰/۶۰
۱۲/۷	۰/۲۶	۵۲/۶
۱۲/۲	۰/۲۱	۴۲/۵
۱۴/۸	۰/۲۳	۴۶/۶

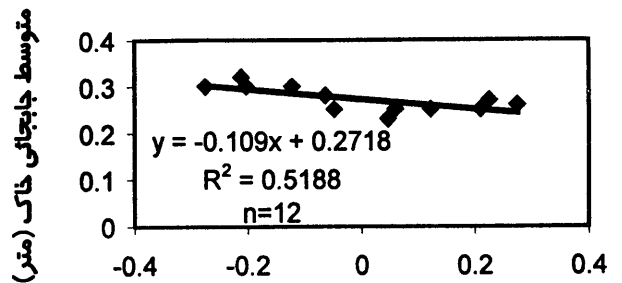
جدول ۴ - مقادیر متوسط جابجایی، جریان خاک و شیب، شخم موازی شیب (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)

شیب (درصد)	متوسط جابجایی (متر)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)
-۱۳/۸	۰/۵۲	۱۰۵/۳۰
-۱۱/۷	۰/۴۰	۸۱/۰۰
-۱۱/۵	۰/۴۹	۹۹/۲۲
-۷/۳	۰/۴۴	۸۹/۱۰
-۵/۲	۰/۴۰	۸۱/۰۰
-۳/۵	۰/۳۳	۶۶/۸۲
۳/۷	۰/۲۷	۵۴/۶۷
۵/۷	۰/۳۴	۶۸/۸۵
۷/۳	۰/۲۹	۵۸/۷۲
۱۰/۷	۰/۳۰	۶۰/۷۵
۱۰/۸	۰/۲۶	۵۲/۶۵
۱۳	۰/۱۷	۳۴/۴



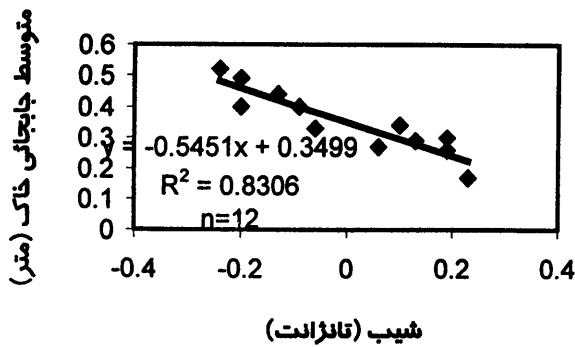
شیب (تانژانت)

شکل ۳ - رابطه متوسط جابجایی خاک و شیب، شخم عمود بر شیب (فاصله جایگذاری ۱۰ سانتیمتر)



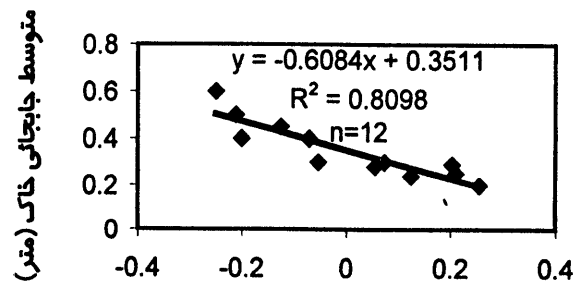
شیب (تانژانت)

شکل ۴ - رابطه متوسط جابجایی خاک و شیب، شخم عمود بر شیب (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)



شیب (تانژانت)

شکل ۶ - رابطه متوسط جابجایی خاک و شیب، شخم موازی شیب (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)



شیب (تانژانت)

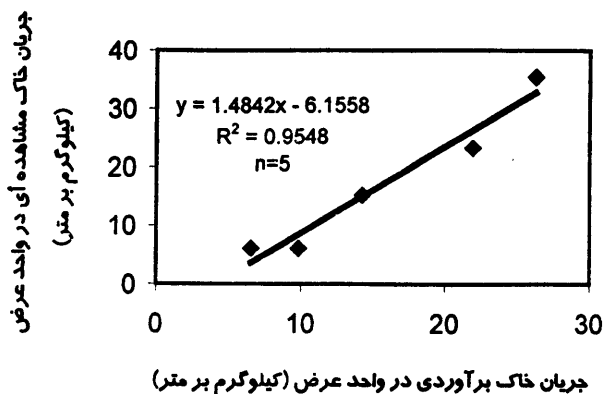
شکل ۵ - رابطه متوسط جابجایی خاک و شیب، شخم موازی شیب (فاصله جایگذاری ۱۰ سانتیمتر)

علامت شیب در حرکت رو به پائین (برگردان خاک به طرف پایین) منفی و در حرکت رو به بالا (برگردان خاک بطرف بالا) مثبت در نظر گرفته شده است.

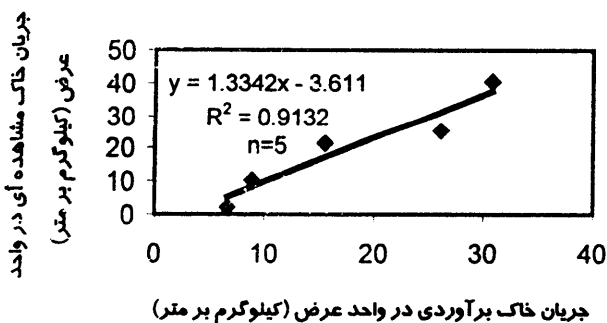
با توجه به مندرجات جدول ۳ و همچنین شکل ۵ می توان نتیجه گیری نمود که مقدار جابجایی خاک برای حرکت موازی شیب زمین بطرف پائین و بالا به ترتیب ۲/۶۴ و ۱/۵۶ متر بوده و بدین ترتیب مقدار جابجایی خاک ۱۵/۸۵ تن برآورد میشود. با توجه به اینکه ضریب تعیین داده ها ۰/۸۱ (R<sup>2</sup>) میباشد، رابطه بین شیب با

۵/۲۸ تن در هکتار خواهد بود.

بر اساس داده های جدول ۲ و همچنین شکل ۴ میتوان بیان نمود که گر چه ضریب تعیین داده ها ۰/۵۱ میباشد، رابطه شیب با جابجایی خاک در شخم عمود بر شیب ضعیف است، بطوری که مقدار خالص جابجایی خاک ۰/۲۴ متر و متوسط جریان خالص خاک در واحد عرض ۴۸/۶ کیلوگرم بر متر می باشد و مقدار جابجایی خاک ۷/۰۴ تن در هکتار برآورد میشود در این تحقیق



شکل ۷ - رابطه جابجایی و حرکت خاک مشاهده‌ای و برآوردی، شخم موازی شیب و برگردان خاک بطرف پایین (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)



شکل ۸ - رابطه جابجایی و حرکت خاک مشاهده‌ای و برآوردی، شخم موازی شیب و برگردان خاک بطرف پایین (فاصله جایگذاری ۱۰ سانتیمتر)

جابجایی و حرکت خاک روش مناسبی می‌باشد.

#### نتیجه

برداشت خاک سطحی از شیب محدب در اراضی شیبدار در اثر عملیات خاک ورزی با گاو آهن برگرداندار یا سایر ادوات شخم تاثیر زیادی در مقدار جابجایی و حرکت خاک توسط فرسایش آبی و بادی و تلفات کل خاک داشته و بر روی خصوصیات خاک و توان تولیدی آن اثر منفی دارد که از نظر مدیریت خاک و ثبات تولیدات کشاورزی مشکلاتی را بوجود می‌آورد. بنابراین عملیات حفاظت خاک در این اراضی در گرو کنترل فرسایش خاک ورزی خواهد بود. لذا بایستی از تکرار شخم، شدت شخم (سرعت و عمق) استفاده از ادوات عریض و بزرگ جلوگیری گردد. توصیه میشود که از گاو آهن برگرداندار برای انجام عملیات خاک ورزی در جهت عمود بر شیب

مقدار جابجایی خاک و جریان خاک در این حالت، بر اساس نتایج تجزیه واریانس در سطح یک درصد معنی دار است.

با توجه به داده‌های جدول ۴ و همچنین شکل ۶ ضریب تعیین بین شیب و مقدار جابجایی خاک  $0.83 (R^2)$  بوده که بر اساس نتایج تجزیه واریانس در سطح یک درصد معنی دار میباشد. مقدار جابجایی خاک در این حالت در برگردان به طرف پائین و بالا به ترتیب  $2/58$  و  $1/62$  متر و خالص جابجایی نیز  $0/48$  متر و مقدار جریان خاک در واحد عرض  $97/2$  کیلوگرم بر متر، مقدار جابجایی و حرکت خاک  $14/08$  تن در هکتار میباشد. بدین ترتیب ملاحظه میگردد که اولاً در دو حرکت، فاصله جایگذاری ۲۰ سانتی متر در مقدار جابجایی خاک تاثیر داشته است ثانیاً مقدار جابجایی و انتقال خاک برای شخم موازی شیب دو برابر نسبت به شخم عمود بر شیب بیشتر بوده است.

مقدار جابجایی و حرکت خاک در روش لیندستروم و همکاران ۳۰ تن در هکتار (عمق شخم  $0/28$  متر) و در مطالعه گوورز و همکاران  $23/4$  تن در هکتار (عمق  $0/24$  متر) گزارش گردیده است. اما مقدار  $14/08$  تن در هکتار در این پژوهش مربوط به عمق کمتر عملیات شخم ( $0/15$  متر) نسبت به  $0/24$  و  $0/28$  متر تحقیقات قبلی بوده و همچنین زاویه دار بودن قطعات و روش پژوهش میباشد. بنابراین توصیه میشود شخم در جهت عمود بر شیب زمین، با حداکثر عمق  $0/15$  متر انجام گردد تا حداقل جابجایی و حرکت خاک بوجود آید.

برای مقایسه مقدار جریان خاک در واحد عرض (مشاهده‌ای و برآوردی) پس از اینکه بر اساس رابطه (۵) مقادیر جریان خاک مشاهده‌ای محاسبه گردید، میتوان با استفاده از رابطه (۹) مقادیر جریان خاک برآوردی را بدست آورد در این رابطه چون  $B$  و  $G$  هر دو منفی است لذا  $Q_s$  مثبت میباشد.

مقادیر جریان خاک در واحد عرض مشاهده‌ای و برآوردی برای فاصله جایگذاری ۲۰ و ۱۰ سانتی متر در جهت شیب در جدولهای ۵ و ۶ و شکل های (۷ و ۸) ارائه گردیده است.

از مقایسه مقادیر فوق نتیجه‌گیری میشود که داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی بخصوص برای جایگذاری فاصله ۲۰ سانتی متری نشانه‌های دارای تطابق و همخوانی بیشتری نسبت به فاصله جایگذاری ۱۰ سانتی متر هستند. لذا این روش در برآورد مقادیر

جدول ۵ - مقادیر جابجایی و حرکت، جریان خاک و شیب، شخم موازی و برگردان خاک بطرف پایین (فاصله جایگذاری ۲۰ سانتیمتر)

شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)		جابجایی و حرکت خاک (تن در هکتار)	
	مشاهده‌ای	برآوردی	مشاهده‌ای	برآوردی
-۳/۵	۶/۰۷۵	۶/۵۶	۰/۶۰۷	۰/۶۵۶
-۵/۲	۶/۰۷۵	۹/۸۴	۰/۶۰۷	۰/۹۸۴
-۷/۳	۱۵/۱۹	۱۴/۲۱	۱/۵۱۹	۱/۴۲۱
-۱۱/۵	۲۳/۲۸	۲۱/۸۷	۲/۳۲۸	۲/۱۸۷
-۱۳/۸	۳۵/۴۴	۲۶/۲۴	۳/۵۴۴	۲/۶۲۴

جدول ۶ - مقادیر جابجایی و حرکت، جریان خاک و شیب، شخم موازی و برگردان خاک بطرف پایین (فاصله جایگذاری ۱۰ سانتیمتر)

شیب (درصد)	جریان خاک در واحد عرض (کیلوگرم بر متر)		جابجایی و حرکت خاک (تن در هکتار)	
	مشاهده‌ای	برآوردی	مشاهده‌ای	برآوردی
-۳/۱	۲/۰۲۵	۶/۶۴۸	۰/۲۰۲	۰/۶۶۵
-۴/۱	۱۰/۱۲۵	۸/۸۶۴	۱/۰۱۲	۰/۸۸۶
-۷/۲	۲۱/۲۶	۱۵/۵۱	۲/۱۲۶	۱/۵۵۱
-۱۲	۲۵/۳۱۵	۲۶/۱	۲/۵۳۱	۲/۶۱
-۱۴	۴۰/۵	۳۰/۷۸	۴/۰۵	۳/۰۷۸

پاییز در خاک جایگذاری و بعد از نشست طبیعی خاک (در طول فصل پاییز وزمستان نشانه‌ها وضعیت مشابهی نظیر خاکدانه‌ها پیدا خواهند کرد) آزمایش در فصل بهار در رطوبت مناسب خاک انجام گردد که نتایج با واقعیت دارای تطابق بیشتری خواهد بود.

زمین استفاده شود. برای افراد علاقه‌مند به انجام و ادامه تحقیق به این روش، پیشنهاد میگردد که اولاً ابعاد نشانه‌ها ۰/۵ تا ۰/۷ سانتی متر مکعب و فاصله جایگذاری نشانه‌ها ۱۵ سانتی متر انتخاب شود ثانیاً نشانه‌ها در فصل

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

- Lindstrom. M.J., W.W. Nelson and T.E.Schumacher. 1992, Quantifying tillage erosion rate due to moldboard plowing, soil tillage Research, P: 243-255
- Lindstrom M.J. W.W. Nelson and T.E.Schumacher and G.D.Lemme 1990, Soil movement by tillage as affected by slope Soil Tillage Res., 17: 255-264
- Govers, G., Vandaele, P., Dessmet J., Posen and K. Bunte 1994 The role of tillage in soil redistribution hills slopes. European J. soil, sci p: 469 - 473.

## **Moldboard Plowing Effects on Soil Displacement and Erosion on a Slope.**

**B. AZADEGAN, H. RAFAHI, S. SHAHOOI  
AND S. A. TABATABAEI-FAR**

**Respectively, Ph.D. Student, Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran,  
Assistant Professor, University of Kordestan and Assistant Professor Faculty of  
Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.**

**Accepted, June 30, 1999**

### **SUMMARY**

The effect of moldboard plowing on displacement of soil, particle size  $>2$  mm, on a 2-14% slope as well as soil losses due to the mechanical means were investigated. Aluminium cubes, one  $\text{cm}^3$  each were placed as tracer into the soil at 7 and 12 cm depths in plots of 0.4x 0.4 and 0.8x 0.8 m with 10 and 20 cm spacings in 5 rows, 5 columns. There were 24 plots plowed parallel to and 24 ones plowed perpendicular to the contour line. More than 90 percent of cubes were found. A relationship between tillage affected soil translocation and slope gradient was determined. An average soil loss of 14.08 tons.  $\text{h}^{-1}$  year $^{-1}$  per plowing operation, in a parallel direction was, calculated. This trend must be stopped to maintain agricultural productivity, since tillage induced erosion was found to be quite a significant contributor to the total soil loss. Soil texture was sandy loam, with a bulk density of  $1350 \text{ kg. m}^{-3}$ . Tractor forward speed was  $3.5 \text{ km.h}^{-1}$  and plowing depth at 15 cm. Each of these parameters had its own effect on soil displacement.

**Key Words:** Moldboard plowing, Soil displacement, Soil erosion, Slopy lands