

## مطالعه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردن دار بر حسب مسافت

مهردی کسرایی<sup>۱</sup>، علیرضا صبور<sup>۲</sup>، سعید مینایی<sup>۳</sup> و مهدی همایی<sup>۴</sup>

### چکیده

سایش، مهم‌ترین مشکل تیغه‌های برش خاک ورز برگردن دار است. ابتدای تیغه برش چون عمل برش خاک را انجام می‌دهد، بیشتر ساییده می‌شود و مقدار سایش آن بر عملکرد خاک ورز تأثیری زیاد دارد. هدف از این پژوهش، مطالعه سایش در طول تیغه‌های برش خاک ورز برگردن دار بر حسب مسافت کارکرد بوده است. به این منظور، مقدار سایش نمونه‌های استوانه‌ای شکل که در طول تیغه‌های برش یک خاک ورز چهار خیش نیمه سوار نصب شده بودند در پنج مسافت ۵۰ کیلومتری، در خاک لوم رسی سیلتی با رطوبت ۱۳ تا ۱۵ درصد، تعیین شد. نتایج نشان داد که به رغم تفاوت در مقادیر سایش تیغه‌ها، اختلافی معنی دار بین میانگین سایش آنها وجود نداشت. با افزایش مسافت، آهنگ سایش کاهش یافت که نشان دهنده کارسختی (Work Hardening) سطح فولاد بر اثر سایش با خاک است. دو مدل رگرسیونی تدوین شده نشان داد که: مقدار سایش در طول هر تیغه را می‌توان به وسیله تابعی توانی، با توان ۷۵/۷۵ مسافت پیموده شده تخمین زد و سایش طول تیغه‌ها بر حسب فاصله از نوک، به صورت تابع درجه ۲ با ضریب تبیین ۹۳/۰ تغییر داشت. نزدیک به ۷۵٪ سایش طولی ابتدای تیغه مربوط به  $\frac{1}{3}$  فاصله از نوک تیغه بود.

**واژه‌های کلیدی:** سایش، تیغه برش، خاک ورز برگردن دار، مسافت

### مقدمه

ابتدای آن اعمال گردد و سریع ساییده شود. مشکلاتی که بر اثر سایش ابتدای تیغه حاصل می‌شود مربوط به سایش سطح تیغه است، زیرا سایش در پشت تیغه سبب خودتیزی (Self sharpening) می‌گردد که مطلوب است. بر اثر سایش و کند شدن تیغه مشکلاتی زیادی از جمله: فشردگی خاک، استهلاک اجزای موتور و لاستیک تراکتور به وجود می‌آید. افزون بر این، برایند نیروهای اعمالی به خاک ورز در جهتی قرار می‌گیرد که خاک ورز تمایل به بلند شدن از خاک پیدا

عمر و سایل خاک ورز بر حسب مقاومت آنها به سایش پیش‌بینی می‌شود (۲). سایش، عامل محدود کننده عمر و کیفیت عملکرد وسیله خاک ورز است (۱۳). خاک ورز برگردن دار، رایج ترین وسیله خاک ورزی است. به هنگام کار این خاک ورز، تیغه برش مانند یک گوه (Wedge) در خاک نفوذ و حرکت می‌کند. مقاومت خاک در برابر نفوذ و حرکت، سبب می‌شود که تنش زیادی به تیغه به ویژه لبه و

۱. مریبی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲. استادیار مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه تربیت مدرس
۳. استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۴. استادیار خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

بوده و برآورد شده است که با کاهش سایش در بخش کشاورزی می‌توان سالانه ۲۲۳ میلیون دلار صرفه‌جویی کرد (۱۴). آزمایش‌های مزرعه‌ای در انگلیس نشان داده است که مصرف فولاد بر اثر سایش تیغه‌های برش خاک ورز برگردان (AISI-۱۰۸۵) حدود ۳۵۰ تا ۱۲۵۰ گرم به ازای شخم یک هکتار زمین زراعی می‌باشد (۱۱).

مسافت پیموده شده از عوامل مؤثر بر سایش تیغه‌های برش ابزار خاک ورز می‌باشد. اوسیاک (۷) با آزمایش در طول ۳۰۰ کیلومتر و سرعت  $6/3 \text{ km/h}$  توسط یک کلتیواتور سه ردیفه در خاک‌های لوم شنی با رطوبت ۸-۱۲ درصد و لوم رسی با رطوبت ۱۵-۲۰ درصد، نشان داد که سایش طولی تیغه فرنزی کلتیواتور (Spring tine cultivator) بر حسب مسافت را می‌توان طبق رابطه ۱ پیش‌بینی نمود.

$$Z_c = as^{1/75} \quad [1]$$

که در آن  $Z_c$  سایش طولی (mm)،  $a$  ضریبی که بستگی به ردیف کلتیواتور دارد و  $s$  مسافت پیموده شده (km) می‌باشد. در آزمایشی که ژانگ و کوشواها (۱۴) در طول ۷۴ کیلومتر با سرعت  $7/4 \text{ km/h}$  در یک ابزاره خاک لوم شنی با رطوبت ۱۱-۱۴ درصد انجام دادند، نتیجه گرفتند که: رابطه سایش تیغه‌های دارای پوشش‌های متقاوت بر حسب مسافت، رابطه‌ای خطی است.

هدف این پژوهش، مطالعه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردان دار بود تا تخمین مناسبی از سایش بخش مهم تیغه، که وظیفه برش خاک دارد، بر حسب مسافت حاصل شود.

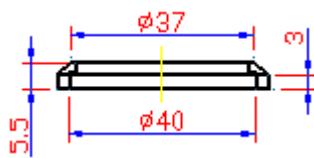
## مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمین‌های زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه، ۱۶ کیلومتری شمال شهر شیراز انجام شد. بافت خاک لوم رسی سیلتی (۱۱٪ شن، ۵۴٪ سیلت

می‌کند (۲ و ۴) و عمق شخم کاهش می‌یابد. کاهش عمق شخم، سبب کاهش رشد ریشه و تولید محصول خواهد شد. پژوهش‌ها نشان داده است که برای نگهداری خاک ورز در موقعیت قبل از کند شدن تیغه، نیاز به افزایش ۳۰ درصد نیروی کشش می‌باشد (۴). افزایش نیروی کشش موجب افزایش مصرف سوخت می‌شود.

سایشی که خاک در تیغه‌های برش ایجاد می‌کند، سایش خراشان (Abrasive Wear) است (۹ و ۱۱). طبق تعریف، سایش خراشان هنگامی رخ می‌دهد که از دو جسم در تماس که نسبت به یکدیگر حرکت دارند، یکی سخت‌تر و یا دارای ذرات سخت‌تر باشد (۸). پژوهش‌ها نشان داده است، چنانچه نسبت سختی ماده تحت سایش به سختی ساینده کمتر از ۸۵٪ باشد، حجم سایش زیاد است. هنگامی که این نسبت بیش از ۸۵٪ شود، حجم سایش کاهش می‌یابد و زمانی سایش صفر خواهد شد که سختی ماده تحت سایش ۲ تا ۳ برابر سختی ساینده شود (۵). با توجه به آن‌که خاک دارای ذرات سخت از جمله شن کوارتز (سیلیس) با سختی Mohs ۷ (حدود ۴۵۰ ویکرز) می‌باشد، زمانی سایش ابزار خاک ورز صفر خواهد شد که سختی سطح آن ۲ تا ۳ برابر سختی سیلیس شود که به طور معمول امکان‌پذیر نخواهد بود، زیرا سختی فولادها  $2000 - 10000 \text{ MPa}$  (حدود ۶۰۰-۱۲۰ ویکرز) می‌باشد (۸). به اضافه آن‌که چون وسائل خاک ورز تحت ضربه قرار می‌گیرند، از مواد با سختی خیلی بالا، به دلیل خاصیت شکنندگی آنها نمی‌توان استفاده کرد.

در کشور ما اطلاعاتی درخصوص سایش وسیله خاک ورز موجود نیست. ولی با توجه به اطلاعات موجود از کشورهای صنعتی، می‌توان دریافت که به رغم آن‌که در آن کشورها از فولادهای مقاومتر به سایش استفاده می‌شود، مصرف فولاد بر اثر سایش ابزار خاک ورز زیاد است. به طور مثال، در ایالات متحده، سایش سالانه فولاد ابزار خاک ورز حدود ۸۷۷ هزار تن است (۱). در کانادا در سال ۱۹۸۶، هزینه سایش ابزار خاک ورز بیش از ۳۳ میلیون دلار

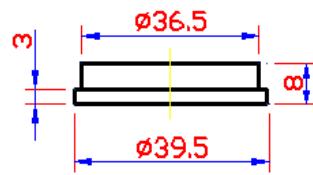


شکل ۲. ابعاد طوقه (mm)

میلی متر در مقابل یک چرخ لاستیکی به قطر ۱۷۸ میلی متر و ضخامت ۱۳ میلی متر با نیروی ۲۲۲ نیوتون قرار می گیرد، چرخ لاستیکی شامل یک دیسک فولادی است که در اطراف آن لاستیک نئوپرن (Neoprene) قرار دارد. هر نمونه در سه مرحله با سه چرخ لاستیکی به ترتیب با سختی اسمی ۵۰، ۶۰ و ۷۰ دیورمتر شور A آزمایشی شود، چرخ لاستیکی در هر مرحله ۱۰۰۰ دور با سرعت ۲۴۵ دور در دقیقه می چرخد، نمونه پیش و پس از هر مرحله، تمیز و کاهش جرم آن با دقت ۰/۱ میلی گرم تعیین خواهد شد (۱۰).

هر نمونه پس از چربی گیری و تمیز کردن، با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم (شرکت سارتوریوس Sartorius آلمان مدل ال ۳۱۰) توزین شد. به منظور نصب نمونه ها بر روی تیغه، هر نمونه درون یک طوقه با ابعادی که در شکل ۲ نشان داده شده است قرار گرفت تا ذرات جوش بر روی نمونه ها قرار نگیرد. سپس طوقه ها به روش جوشکاری در فواصل معین بر روی تیغه ها نصب گردیدند. استقرار هر نمونه به گونه ای بود که از سطح مقطع بزرگ تر بر روی تیغه و از سطح مقطع کوچک تر، ۰/۵ میلی متر از سطح طوقه بیرون قرار می گرفت. بر روی هر تیغه ۶ نمونه با ابعاد هندسی شکل ۳ نصب گردید. عملیات شخم به طور معمول در عمق ۲۰ سانتی متر و سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت انجام شد. در شکل ۴ الف چگونگی استقرار نمونه ها بر روی یک تیغه و در شکل ۴ ب موقعیت نمونه ها نسبت به خیش نشان داده شده است.

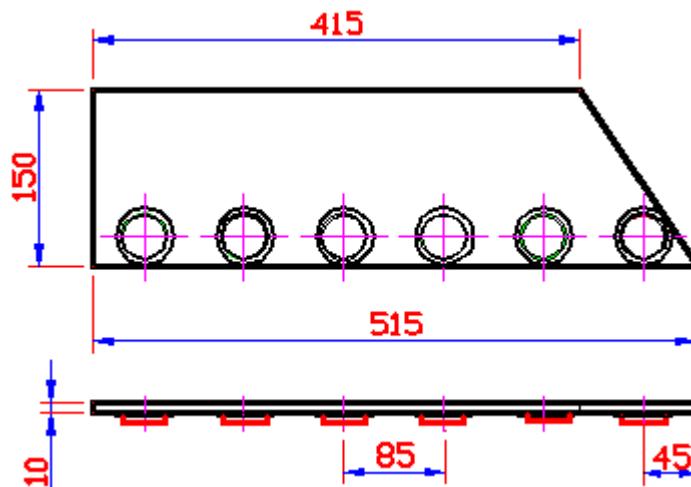
بر اساس کیلومتر شمار تراکتور، مسافتی که تیغه ها عمل شخم را انجام دادند تعیین گردید. پس از طی مسافت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلومتر، محل جوش طوقه ها برش داده شد و نمونه های هر تیغه جداگانه خارج و پس از



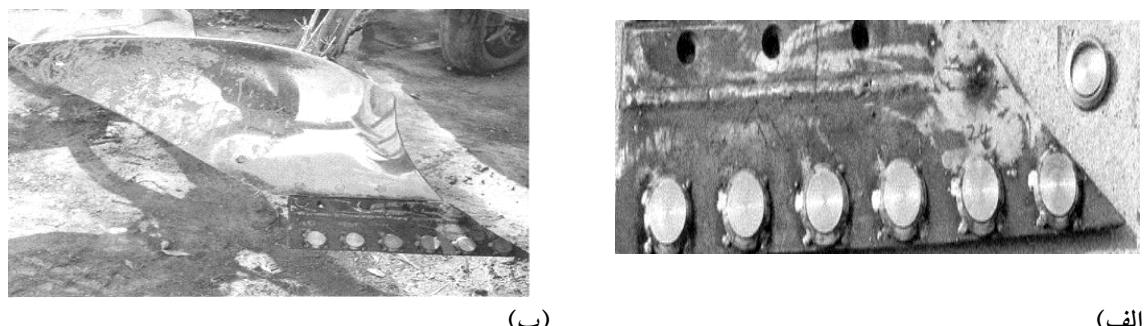
شکل ۱. ابعاد نمونه (mm)

و ۳۵٪ رس)، رطوبت خاک ۱۳ تا ۱۵ درصد و جرم ویژه ظاهری خاک ۱/۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب بود. از یک خاک ورز برگردان دار چهار خیش نیمه سوار جاندیر و تراکتور جاندیر ۴۲۳۰ با قدرت موتور ۸۳ کیلووات استفاده گردید. آزمایش در طول ۲۵۰ کیلومتر و در مساحت تقریبی ۵۵ هکتار در بهار ۱۳۸۲ انجام شد. برای انجام آزمایش، از نمونه های استوانه ای شکل که روی تیغه ها و نزدیک لبه برنده آنها نصب شدند، استفاده گردید. نمونه ها از فولاد "Ck45" با چگالی ۷/۶۷ گرم بر سانتی متر مکعب تهیه شدند. ترکیب شیمیایی این فولاد که با دستگاه کوانتمتر تعیین شد بر حسب درصد وزنی: ۰/۴۴ کربن، ۰/۲۶ سیلیسیم، ۰/۷۴ منگنز، ۰/۰۱ گوگرد، ۰/۰۱ فسفر و بقیه آهن بود. نمونه ها طبق ابعادی که در شکل ۱ مشاهده می شود تراشکاری و سپس عملیات حرارتی شدند. عملیات حرارتی، به منظور افزایش مقاومت سایشی و ضربه نمونه ها، در دو مرحله به ترتیب زیر انجام شد. در مرحله اول، تا دمای ۷۴۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند، ۲۰ دقیقه نگهداری و سپس در آب، سریع سرد گردیدند. در مرحله دوم، تا دمای ۲۲۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند، یک ساعت نگهداری و سپس در دمای محیط، سرد گردیدند.

سختی نمونه ها توسط دستگاه سختی سنج (شرکت ول پرت Wolpert آلمان مدل دیاستور ۷۰۰) اندازه گیری و برابر با ۳۲۹ ویکرز تعیین گردید (۱۲). مقاومت سایشی این فولاد طبق استاندارد (ASTM - G105- 89) توسط یک دستگاه آزمایش سایش خراشان، ساخت داخل تعیین شد که برابر با  $10^{-3} \times 9/70 \text{ mm}^3$  بود. در این آزمایش استاندارد ماده ساینده، شن سیلیس (کوارتز) با دانه بندی ۲۱۲-۳۰۰ میکرو نمی باشد که با آب مقطور مخلوط می گردد، نمونه به ابعاد  $58 \times 26 \times 10$



شکل ۳. ابعاد تیغه و فاصله نمونه‌ها (mm)



شکل ۴. چگونگی قرار گرفتن نمونه‌ها روی تیغه (الف) و تیغه روی خیش (ب)

جدول ۱. مجموع کاهش جرم (سایش) نمونه‌های هر تیغه نسبت به وزن اولیه

چهارم	سوم	دوم	اول	مسافت (km)
۸/۰۱	۷/۸۹	۹/۶	۱۱/۳۲	۵۰
۱۵/۱۲	۱۴/۵۹	۱۷/۸۱	۲۰/۳۲	۱۰۰
۱۹/۵۵	۱۹/۱۲	۲۶/۷۷	۲۷/۷۴	۱۵۰
۲۳/۱۱	۲۵/۱۷	۲۷/۳۲	۳۱/۹۵	۲۰۰
۲۵/۱۶	۲۹/۱۳	۳۲/۵۹	۳۴/۱۷	۲۵۰

مستقر می‌شدند که در همان جهت قبل، خاک بر روی آنها حرکت می‌نمود.

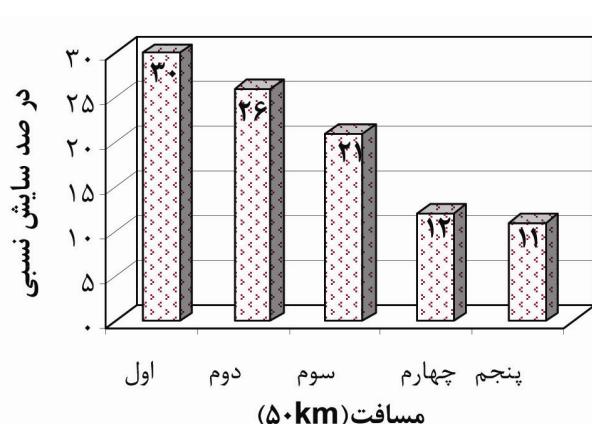
در توزین آخر به منظور بررسی چگونگی سایش طولی ابتدای تیغه برش، هر نمونه به طور جداگانه وزن شد و با توجه

تمیزشدن، با یکدیگر توزین گردیدند. معیار سایش، مجموع جرم کاسته شده از ۶ نمونه هر تیغه بود که از تفاضل وزن در هر مرحله، از وزن ابتدایی محاسبه شد. پس از توزین، نمونه‌ها دوباره درون طوقه قرار می‌گرفتند و در جای خود به گونه‌ای

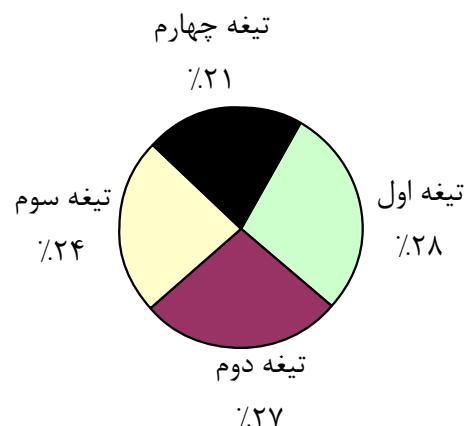
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر ترتیب تیغه ها بر سایش در طول ۲۵۰ km

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	Fs
تیغه برش	۹/۶۰	۳	۳/۲۰	۰/۳۶ <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	۱۴۴/۰۵	۱۶	۹/۰۰	
کل	۱۵۳/۶۵	۱۹		

ns: غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۶. درصد سایش نمونه ها در هر ۵۰ کیلومتر



شکل ۵. میانگین درصد سایش نمونه های هر تیغه نسبت به سایش کل نمونه ها

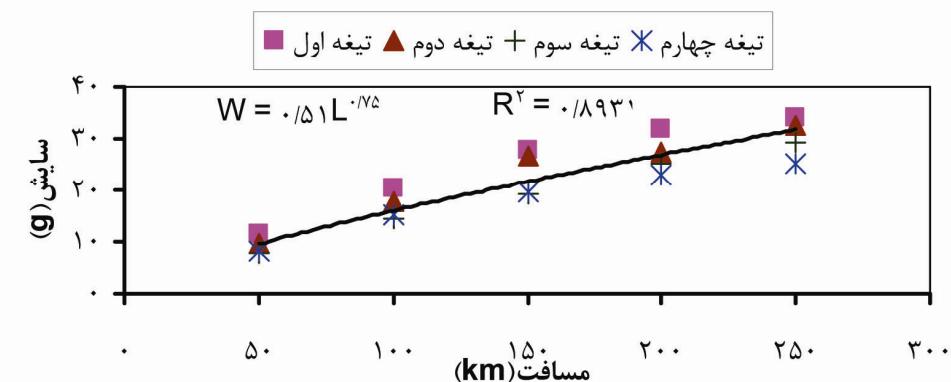
طی است. هر عدد، نشان دهنده مقدار سایش تا کیلومتر متناظر می باشد. بیشترین و کمترین مقدار سایش به ترتیب در تیغه اول و آخر بود. درصد سایش نمونه های هر تیغه در شکل ۵ نشان داده شده است. با وجود تفاوتی که در سایش تیغه ها بوده است تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که در سطح ۷/۵٪ اختلاف معنی داری بین میانگین سایش تیغه ها بر حسب مسافت وجود ندارد. عدم تفاوت معنی دار بین میانگین سایش نمونه های هر تیغه نشان می دهد که تیغه ها در طول کم و بیش یکسان ساییده شده بودند. بنابراین در صورت ادامه عملیات شخم، تیغه ها باید هم زمان تعویض می شوند و جایه جا کردن آنها در کیفیت عملکرد خاک ورز تأثیری نداشت.

در ابتدای آزمایش (۵۰ کیلومتر اول) درصد سایش نمونه ها بیشتر بوده و به تدریج کاهش یافته است، درصد سایش نمونه ها در مسافت های آخر (۲۰۰ و ۲۵۰ کیلومتر) تقریباً ثابت بود

به وزن اولیه، مقدار کاهش جرم آن نمونه پس از ۲۵۰ کیلومتر کارکرد تعیین گردید. در طول آزمایش محل قرار گرفتن هر نمونه ثابت بود، بنابراین اختلاف مقادیر کاهش جرم نمونه ها، نشان دهنده تفاوت مقادیر سایش، بر حسب موقعیت قرار گیری آنها بود. به روش تجزیه واریانس حاصل از طرح کامل تصادفی و آزمون دانکن و با در نظر گرفتن هر تیغه به عنوان یک تیمار تکرار دو موضوع مطالعه شد: تأثیر ترتیب تیغه روی خاک ورز بر سایش طولی تیغه برش (جدول ۲) و اثر فاصله از نوک تیغه بر سایش طولی تیغه برش (جدول ۳).

## نتایج و بحث

مقدار سایش یا جرم کاسته شده از نمونه های هر تیغه پس از مسافت های ۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر در جدول ۱ نشان داده شده



شکل ۷. رابطه کلی سایش نمونه‌های مستقر بر روی تیغه‌ها بر حسب مسافت

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر فاصله از نوک تیغه بر سایش ابتدای تیغه برش

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	Fs
فاصله	۶۶۹/۱۰	۵	۱۳۳/۸۲	۱۶۹/۷۱*
خطای آزمایش	۱۴/۱۹	۱۸	۰/۷۹	
کل	۶۸۳/۲۹	۲۳		

\*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

رابطه نظری سایش (۳ و ۸) و پژوهش‌های دیگران در مورد تیغه برش خاک در ماشین برداشت سیب زمینی (۶)، تیغه فرنی کلتیواتور (۷) و پنجه غازی (۱۴) نشان می‌دهد که رابطه سایش بر حسب مسافت به صورت تابع توانی، با توان  $0.75$  تا  $1$  می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که رابطه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردان دار نیز با توان  $0.75$  مسافت بستگی دارد. رابطه توانی (کمتر از یک) نشان دهنده کاهش شدت سایش با افزایش مسافت می‌باشد که می‌تواند بازگو کننده ویژگی «کارسختی» فولاد در اثر سایش با خاک باشد.

ضریب  $0.51$  در رابطه  $2$  مربوط به شرایط این پژوهش می‌باشد و در شرایط دیگر باید جداگانه تعیین گردد. در حالت کلی این عدد بستگی به عوامل مختلف ازجمله: خاک و شرایط آن، نوع فولاد ابزار و خواص آن (به ویژه سختی)، چگونگی و

(شکل ۶). به نظر می‌رسد علت تغییر آهنگ سایش، «کارسختی» بوده است. در اثر کارسختی که عبارت است از تغییر شکل پلاستیک در اثر کار مکانیکی، سختی سطح افزایش می‌باید تا به مقدار تقریباً ثابتی برسد. بنابراین کاهش آهنگ سایش می‌تواند به دلیل افزایش تدریجی سختی سطح، در اثر کارسختی بوده باشد. آهنگ افزایش سختی بستگی به سختی اولیه و ضریب کارسختی فولاد دارد (۵) بنابراین کاهش آهنگ سایش نیز به این دو عامل بستگی خواهد داشت. در این آزمایش، حداقل سختی پس از  $150$  کیلومتر حاصل شد.

برای تعیین تابع سایش در طول تیغه برش بر حسب مسافت، با استفاده از روابط رگرسیونی تابع توانی زیر برآذشی مناسب

$$(R^2 = 0.89) \text{ با داده‌های این آزمایش نشان داد (شکل ۷).}$$

$$W = 0.51 L^{0.75} \quad [2]$$

که در آن  $W$  مقدار سایش (g) و  $L$  مسافت بیموده شده (km) می‌باشد.

جدول ۴. مقدار سایش نمونه های هر تیغه (گرم)، پس از ۲۵۰ کیلومتر کار کرد، بر حسب فاصله از نوک تیغه

#	میانگین سایش در هر فاصله	درصد سایش در هر فاصله	جمع	چهارم	سوم	دوم	اول	فاصله از نوک تیغه (mm)
۱۶/۲۸ الف	۵۴	۶۵/۱۲	۱۴/۵۱	۱۵/۹۹	۱۶/۹۱	۱۷/۷۱	۴۵	
۶/۱۱ ب	۲۰	۲۴/۴۴	۴/۸۹	۵/۳۸	۶/۵۲	۷/۶۵	۱۳۰	
۳/۱۱ پ	۱۰	۱۲/۴۳	۱/۷۹	۳/۲۳	۳/۶۱	۳/۸۰	۲۱۵	
۲/۰۲ ت	۷	۸/۰۹	۱/۱۸	۲/۱۷	۲/۶۰	۲/۱۴	۳۰۰	
۱/۲۴ ت	۴	۴/۹۷	۰/۹۷	۱/۳۰	۱/۴۱	۱/۲۹	۳۸۵	
۱/۵۰ ت	۵	۶/۰۰	۱/۸۲	۱/۰۶	۱/۰۴	۱/۵۸	۴۷۰	
		۱۲۱/۰۵	۲۵/۱۶	۲۹/۱۳	۳۲/۵۹	۳۴/۱۷	جمع	

# : حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف معنی دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

را می توان به صورت تابع درجه ۲ (رابطه ۳) با ضریب تبیین ۰/۹۳ نشان داد (شکل ۸).

$$y = ۰/۰۰۰۲X^3 - ۰/۱۰۷۸X^2 + ۱۹/۶۲۱ \quad [۳]$$

که در آن  $Y$  مقدار سایش (g) و  $X$  فاصله از نوک تیغه (mm) می باشد.

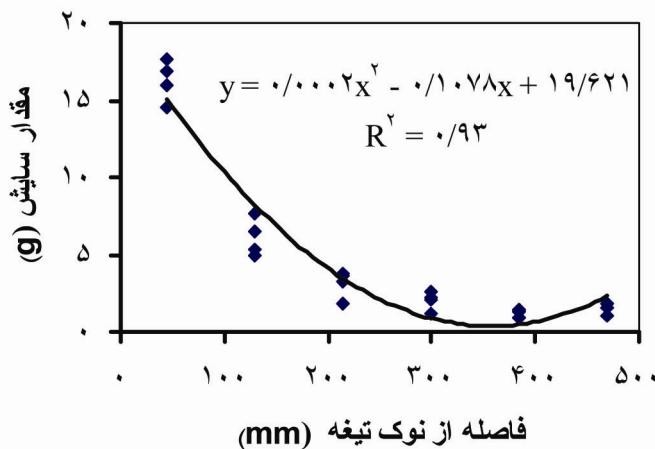
معادله فوق ریشه حقیقی (سایش صفر) ندارد. با مشتق گرفتن از رابطه ۳ حداقل سایش در فاصله  $۲۶۹/۵$  میلی متری از نوک، یعنی در حدود وسط تیغه تعیین می شود. طبق رابطه ۳، سایش تیغه ها در فاصله  $۲۶۹/۵$  میلی متر،  $۱/۵$  گرم برآورد می شود.

چنانچه در جدول ۴ ملاحظه می گردد بیش از ۵۰ درصد سایش مربوط به موقعیت نزدیک به نوک تیغه و حدود ۷۵ درصد سایش مربوط به دو موقعیت ابتدای تیغه ( $\frac{1}{3}$  طول از نوک تیغه) می باشد. بنابراین با توجه به درصد سایش در هر فاصله از نوک تیغه می توان پیشنهاد کرد که برای کاهش مشکل سایش تیغه های برش خاک ورزهای برگردان دار نیازی به استفاده از فولادهای مرغوب و گران قیمت برای تمام تیغه نیست. بلکه چنانچه فقط در محلوده  $\frac{1}{3}$  ابتدای طول تیغه (و حداکثر به همین نسبت در عرض) از فولاد مقاوم به سایش استفاده شود، از زیان های ناشی از سایش سریع تیغه های برش

بعد سطح مورد مطالعه، عمق کار و سرعت حرکت دارد. به عبارت دیگر به غیر از مسافت، عواملی مانند سنگلاخی بودن زمین (۹ و ۱۳) یا افزایش عمق شخم (۴ و ۵) که باعث افزایش سایش می شوند، سبب افزایش ضریب  $۰/۵۱$  و عواملی مانند افزایش سختی سطح (۳ و ۸) که باعث کاهش سایش می شوند سبب کم شدن مقدار این ضریب می گردد.

به منظور مطالعه چگونگی سایش در طول تیغه ها، اختلاف وزن هر نمونه پس از طی مسافت ۲۵۰ کیلومتر تعیین شد که در جدول ۴ بر حسب فاصله از نوک تیغه نشان داده شده است. چنانچه ملاحظه می شود، حداقل مقدار سایش هر تیغه مربوط به نمونه ای که به نوک تیغه نزدیک تر بوده است می باشد و کمترین مقدار سایش (به جز در تیغه سوم) مربوط به نمونه ای است که در موقعیت وسط نیمه دوم قرار داشت. به رغم تفاوتی که در میانگین سایش نمونه های مربوط به هر فاصله از نوک تیغه وجود داشت، آزمون دانکن نشان داد که در سطح ۵٪ بین سه موقعیت انتهایی تیغه تفاوتی معنی دار بین میانگین سایش آنها وجود ندارد (جدول ۳). حرف «ت» در جدول ۴ نشان دهنده این موضوع می باشد، تجزیه واریانس مربوط به آزمون دانکن در جدول ۳ نشان داده شده است.

مدل رگرسیونی، رابطه سایش بر حسب فاصله از نوک تیغه



شکل ۸ رابطه سایش در ابتدای تیغه برش و فاصله از نوک تیغه

۲. درصد سایش نمونه‌ها در ابتدای آزمایش بیشتر بود و به تدریج کاهش یافت. به نظر می‌رسد علت تغییر آهنگ سایش، «کارسختی» بوده است.

۳. حدود ۷۵ درصد سایش نمونه‌ها در  $\frac{1}{3}$  طول از نوک تیغه بود.

۴. چنانچه هر تیغه فقط در محدوده  $\frac{1}{3}$  ابتدای طول (و حداقل به همین نسبت در عرض) سخت کاری موضعی گردد یا از فولاد مقاوم به سایش استفاده شود، زیان‌های ناشی از سایش سریع تیغه‌های برش به مقداری زیاد کاهش خواهد یافت.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقای جمال مهارلویی، سرپرست کارگاه تراشکاری و همکارانشان و نیز کارکنان محترم ایستگاه زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز که ما را در انجام

این پژوهش یاری دادند، تشکر و قدردانی می‌شود.

به مقداری زیاد کاسته می‌شود. قابل ذکر است که با این روش، غیر یکنواختی سایش در طول تیغه کاهش می‌یابد و تیغه می‌تواند در مدت زمان بیشتری در تمام طول، خاک را برش دهد. هم‌چنین چون به‌طور معمول فولادهای مقاوم به سایش سختی زیادی دارند و در برابر ضربه ضعیف می‌باشند، اگر تمام تیغه از فولاد مقاوم به سایش تهیه شود، امکان شکست آن بر اثر ضربه ناشی از برخورد با سنگ، ریشه درختان و غیره وجود دارد، ولی با این روش، می‌توان از فولاد مقاوم به ضربه (فولادهای معمولی که به طور نسبی قیمت مناسبی هم دارند) استفاده کرد و تنها سطح قسمتی را که تحت سایش شدید قرار می‌گیرد، به ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متر سخت کاری موضعی نمود تا مقاوم به سایش شود. سخت کاری موضعی را با روش‌های مختلف از جمله: جوشکاری با سیم جوش مناسب (مقاوم به سایش)، گرم کردن و سریع سرد کردن (Quenching)، پوسته سختی (Case hardening) و آهنگری (Forging) می‌توان انجام داد.

## نتیجه‌گیری

۱. بین میانگین سایش تیغه‌ها، در آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۵٪ اختلاف معنی‌داری بر حسب مسافت وجود نداشت.

### منابع مورد استفاده

1. Davis, J. R. 2001. Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance. 2<sup>nd</sup> ed., ASM International, Ohio, U.S.A.
2. Kepner, R. A., R. Bainer and E. L. Barger. 1982. Principles of Farm Machinery. 3<sup>rd</sup> ed., AVI. Pub., Westport, U.S.A.
3. Khrushev, M. M. 1974. Principles of abrasive wear. Wear 28: 69-88.
4. Miller, A. E. 1980. Wear in tillage tools. pp. 987-998. In: Wear Control Handbook, ASME. pub., U.S.A.
5. Moore, M. A. 1975. Abrasive wear by soil. Tribol. Int. 8: 105-110.
6. Owsiak, Z. 1997. Wear of symmetrical wedge shaped tillage tools. Soil and Till Res. 43(3-4): 295-308.
7. Owsiak, Z. 1999. Wear of spring tine cultivator points in sandy loam and light clay soils in southern Poland. Soil and Till Res. 50: 333 – 340.
8. Rabinowicz, E. 1995. Friction and Wear of Materials. 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons pub., U.S.A.
9. Scheffler, O. and C. Allen. 1988. The abrasive wear of steels in South African soils. Tribol Int, 21(3): 127-135.
10. Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests, G105-89, Annual Book of ASTM Standards, 2002, Philadelphia, Vol 3.02. pp. 443-451. U.S.A.
11. Stolk, D. A. 1970. Field and laboratory tests on plowshares. S. A. E. J. Automotive Eng., SAE 700690. pp: 1-8.
12. Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials, E92 – 82(1997), Annual Book of ASTM Standards, 1999, Philadelphia, Vol 3.01. pp. 216-224. U.S.A.
13. Yu, H.J. and S.D. Bhole. 1990. Development of a prototype abrasive wear tester for tillage tool materials. Tribol. Int. 23(5): 309-316.
14. Zhang, J. and R.L. Kushwaha. 1995. Wear and draft of cultivator sweeps with hardened edges. Canad. Agric. Eng. 37(1): 41-47.