مطالعه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردان‌دار برحسب مسافت

مهدی کسرایی[۱]، علیرضا صبور[۲]، سعید مینایی[۳] و مهدی همایی[۴]

چکیده

سایش، مهم‌ترین مشکل تیغه‌های برش خاک ورز برگردان 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 تیغه برش خاک ورز برگردان دار برحسب 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 معنی‌دار 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 ۰/۷۵مسافت پیموده شده تخمین زد و سایش طول تیغه‌ها بر حسب فاصله از نوک، به صورت تابع درجه ۲ با ضریب تبیین ۰/۹۳ تغییر داشت. نزدیک به ۷۵٪ سایش طولی ابتدای تیغه مربوط به $\frac{۱}{۳}$ فاصله از نوک تیغه بود.

واژه‌های کلیدی: سایش، تیغه برش، خاک ورز برگردان دار، مسافت

مقدمه

عمر وسایل خاک ورز برحسب مقاومت آنها به سایش پیش‌بینی می‌شود (۲). سایش، عامل محدود کننده عمر و کیفیت عملکرد وسیله خاک ورز است (۱۳). خاک ورز برگردان 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 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

۱. مربی 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]

می‌کند (۲ و ۴) و عمق شخم کاهش می یابد. 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، ۱۱و۱۳). طبق تعریف، سایش خراشان هنگامی رخ می دهد 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 خاک‌ورز صفر خواهد شد که سختی سطح آن ۲ تا ۳ برابر سختی سیلیس شود که به طور معمول امکان‌پذیر نخواهد بود، زیرا سختی فولادها MPa ۱۰۰۰۰- ۲۰۰۰ (حدود ۶۰۰- ۱۲۰ ویکرز) می باشد (۸). به اضافه آن‌که چون وسایل 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 خاک‌ورز زیاد است. به طور مثال، در ایالات متحده، سایش سالانه فولاد ابزار خاک‌ورز حدود ۸۷۷ هزار تن است (۱). در کانادا در سال ۱۹۸۶، هزینه سایش ابزار خاک‌ورز بیش از ۳۳ میلیون دلار 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 دار، با تیغه‌های فولادی پر کربن (۱۰۹۰ و ۱۰۸۵ -AISI) حدود ۳۵۰ تا ۱۲۵۰ گرم به ازای شخم یک هکتار زمین زراعی می‌باشد (۱۱).

مسافت پیموده شده از عوامل مؤثر برسایش تیغه‌های برش ابزار خاک ورز می‌باشد. اوسیاک (۷) با آزمایش در طول ۳۰۰ کیلومتر و سرعت ۶/۳ km/h توسط یک کلتیواتور سه ردیفه در خاک‌های لوم شنی با رطوبت ۱۲-۸ درصد و لوم رسی با رطوبت ۲۰-۱۵ درصد، نشان داد که سایش طولی تیغه فنری کلتیواتور (Spring tine cultivator) برحسب مسافت را می‌توان طبق رابطه ۱ پیش‌بینی نمود.

$$Z_c = as^{0.75} \qquad [1]$$

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 ۷/۴ km/h، در یک انباره خاک لوم شنی با رطوبت ۱۴-۱۱ درصد انجام دادند، نتیجه گرفتند که: رابطه سایش تیغه‌های دارای پوشش‌های متفاوت برحسب مسافت، رابطه‌ای خطی است.

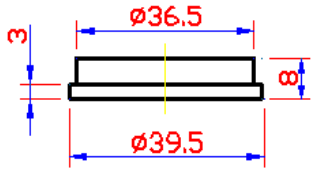
هدف این پژوهش، مطالعه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردان دار بود تا تخمین مناسبی از سایش بخش مهم تیغه، که وظیفه برش خاک دارد، برحسب مسافت حاصل شود.

مواد و روش‌ها

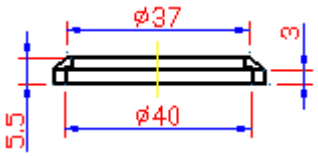
این پژوهش در زمین‌های زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه، ۱۶ کیلومتری شمال شهر شیراز انجام شد. بافت خاک لوم رسی سیلتی(۱۱ ٪ شن، ۵۴ ٪ سیلت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]



شکل ۱. ابعاد نمونه (mm)



شکل ۲. ابعاد طوقه (mm)

و ۳۵ ٪ رس)، رطوبت خاک ۱۳ تا ۱۵ درصد و جرم ویژه ظاهری خاک ۱/۴۳ گرم بر سانتی‌متر 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 نمونه‌های استوانه‌ای شکل که روی تیغه‌ها و نزدیک لبه برنده آنها نصب شدند، استفاده گردید. نمونه‌ها از فولاد "Ck۴۵" با چگالی ۷/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه شدند. ترکیب شیمیایی این فولاد که با دستگاه کوانتومتر تعیین شد برحسب درصد وزنی: ۰/۴۴ کربن، ۰/۲۶ سیلیسیم، ۰/۷۴ منگنز، ۰/۰۱گوگرد، ۰/۰۱فسفر و بقیه آهن بود. نمونه‌ها طبق ابعادی که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تراشکاری و سپس عملیات حرارتی شدند. عملیات حرارتی، به منظور افزایش مقاومت سایشی و ضربه نمونه‌ها، 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 سانتی‌گراد حرارت داده شدند، یک ساعت نگه‌داری و سپس در دمای محیط، سرد گردیدند.

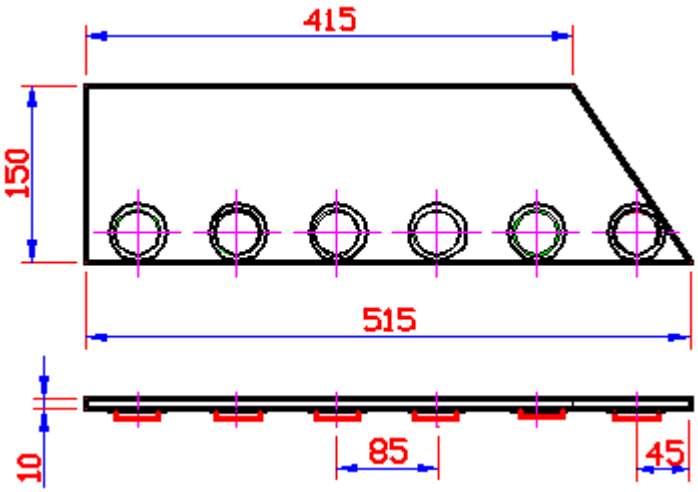
سختی نمونه‌ها توسط دستگاه سختی سنج (شرکت ول پرت Wolpert آلمان مدل دیاتستور۷۰۰) اندازه‌گیری و برابر با ۳۲۹ ویکرز تعیین گردید (۱۲). مقاومت سایشی این فولاد طبق استاندارد (ASTM – G105- 89) توسط یک دستگاه آزمایش سایش خراشان، ساخت داخل تعیین شد که برابر با $۹/۷۰ \times ۱۰^{-۳}$ $mm^۳$ بود. در این آزمایش استاندارد ماده ساینده، شن سیلیس (کوارتز) با دانه‌بندی ۳۰۰–۲۱۲ میکرو نمی‌باشد که با آب مقطر مخلوط می‌گردد، نمونه به ابعاد ۱۰× ۲۶× ۵۸ میلی‌متر در مقابل یک چرخ لاستیکی به قطر ۱۷۸ میلی‌متر و ضخامت ۱۳ میلی‌متر با نیروی ۲۲۲ نیوتن قرار می‌گیرد، 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 آزمایشمی‌شود، 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 میلی‌گرم تعیین خواهد شد (۱۰).

هر نمونه پس از چربی‌گیری و تمیز کردن، با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم (شرکت سارتریوس Sartorius آلمان مدل ال ۳۱۰) توزین شد. به منظور نصب نمونه‌ها 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 نمونه‌ها قرار نگیرد. سپس طوقه‌ها به روش جوشکاری در فواصل معین بر روی تیغه‌ها نصب گردیدند. استقرار هر نمونه به گونه‌ای بود که از سطح مقطع بزرگ‌تر بر روی تیغه و از سطح مقطع کوچک‌تر، ۲/۵ میلی متر از سطح طوقه بیرون قرار می‌گرفت. بر روی هر تیغه ۶ نمونه با ابعاد هندسی شکل ۳ نصب گردید. عملیات شخم به طور معمول در عمق ۲۰–۲۵ سانتی متر و سرعت ۴ الی ۵ کیلومتر بر ساعت انجام شد. در شکل ۴ الف چگونگی استقرار نمونه‌ها بر روی یک تیغه و در شکل ۴ ب موقعیت نمونه‌ها نسبت به خیش نشان داده شده است.

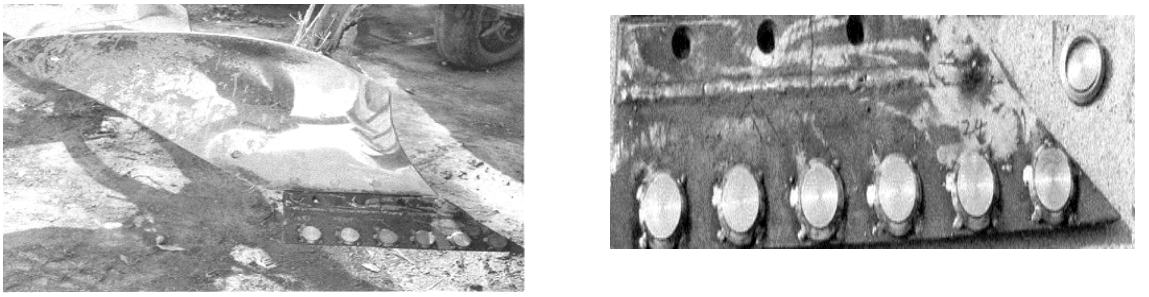
بر اساس کیلومترشمار تراکتور، مسافتی که تیغه‌ها عمل شخم را انجام دادند تعیین گردید. پس از طی مسافت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلومتر، محل جوش طوقه‌ها برش داده شد و نمونه‌های هر تیغه جداگانه خارج و پس از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]



شکل ۳. ابعاد تیغه و فاصله نمونه‌ها (mm)



(ب) (الف)

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

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

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 به‌گونه‌ای 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

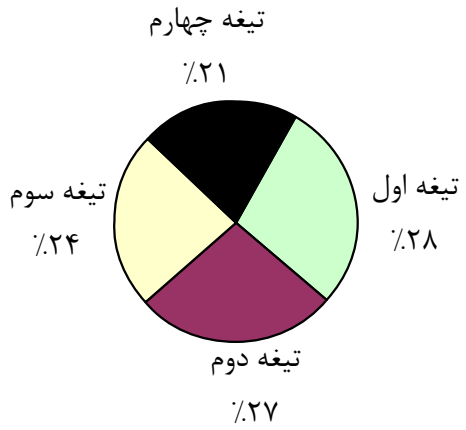
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]

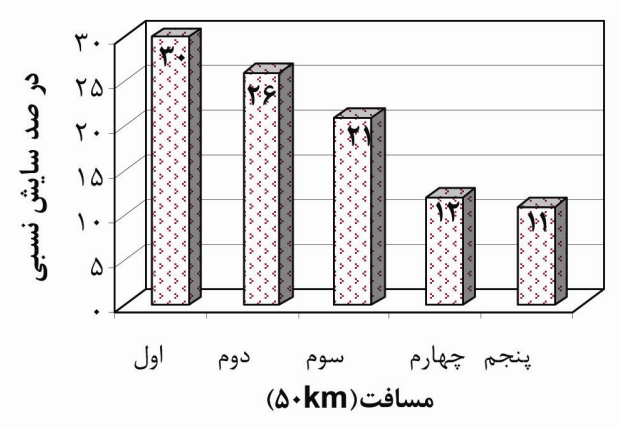
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر ترتیب تیغه‌ها بر سایش در طول ۲۵۰km

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

ns : غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ در صد



شکل ۵. میانگین درصد سایش نمونه‌های هر تیغه نسبت به سایش کل نمونه‌ها



شکل ۶. درصد سایش نمونه‌ها در هر ۵۰ کیلومتر

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 نمونه‌ها، نشان دهنده تفاوت مقادیر سایش، برحسب موقعیت قرارگیری 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 (جدول۲) و اثر فاصله از نوک تیغه بر سایش طولی تیغه برش (جدول۳).

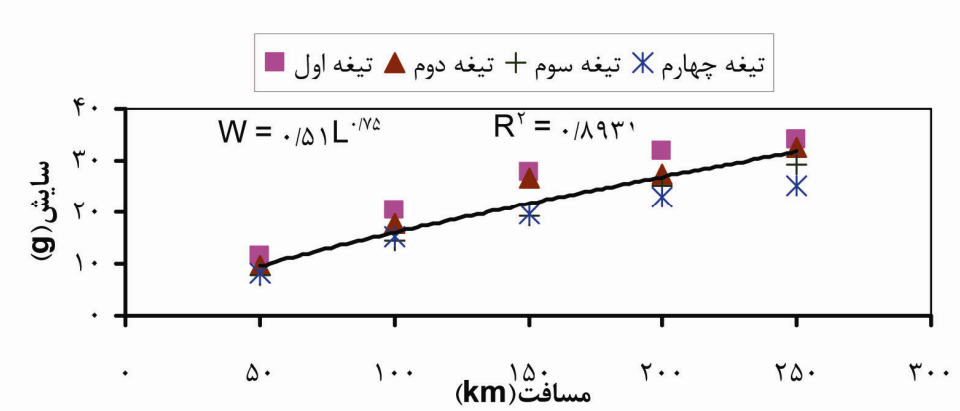
نتایج و بحث

مقدار سایش یا جرم کاسته شده از نمونه‌های هر تیغه پس از مسافت‌های ۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر در جدول ۱ نشان داده شده طی است. هر عدد، نشان‌دهنده مقدار سایش تا کیلومتر متناظر می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار سایش به ترتیب در تیغه اول و آخر بود. درصد سایش نمونه‌های هر تیغه در شکل ۵ نشان داده شده است. با وجود تفاوتی که در سایش تیغه‌ها بوده است تجزیه واریانس (جدول۲) نشان داد که در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری بین میانگین سایش تیغه‌ها بر حسب مسافت وجود ندارد. عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین سایش نمونه‌های هر تیغه نشان می‌دهد که تیغه‌ها در طول کم وبیش یکسان ساییده شده بودند. بنابراین در صورت ادامه عملیات شخم، تیغه‌ها باید هم‌زمان تعویض می‌شدند و جابه‌جا کردن آنها در کیفیت عملکرد خاک ورز تأثیری نداشت.

در ابتدای آزمایش(۵۰ کیلومتر اول) درصد سایش نمونه‌ها بیشتر بوده و به‌تدریج کاهش یافته است، درصد سایش نمونه‌ها در مسافت‌های آخر(۲۰۰ و ۲۵۰ کیلومتر) تقریباً ثابت بود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]



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		

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

(شکل۶). به نظر می‌رسد علت تغییر آهنگ سایش، «کارسختی» بوده است. در اثر کارسختی که عبارت است از تغییرشکل پلاستیک در اثر کار مکانیکی، سختی سطح افزایش می‌یابد 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، حداکثر سختی پس از ۱۵۰ کیلومتر حاصل شد.

برای تعیین تابع سایش در طول تیغه برش برحسب مسافت، با استفاده از روابط رگرسیونی تابع توانی زیر برازشی مناسب ($R^2 = ۰/۸۹$) با داده‌های این آزمایش نشان داد (شکل ۷).

$$W = ۰/۵۱L^{۰/۷۵} \quad [۲]$$

که درآن W مقدار سایش (g) و L مسافت پیموده شده (km) می‌باشد.

رابطه نظری سایش (۳ و ۸) و پژوهش‌های دیگران در مورد تیغه برش خاک در ماشین برداشت سیب زمینی (۶)، تیغه فنری کلتیواتور (۷) و پنجه غازی (۱۴) نشان می‌دهد که رابطه سایش بر حسب مسافت به صورت تابع توانی، با توان ۰/۷۵ تا یک می باشد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که رابطه سایش در طول تیغه برش خاک ورز برگردان دار نیز با توان ۰/۷۵ مسافت بستگی دارد. رابطه توانی (کمتر از یک) نشان‌دهنده کاهش شدت سایش با افزایش مسافت می‌باشد که می‌تواند بازگو کننده ویژگی «کارسختی» فولاد در اثر سایش با خاک باشد.

ضریب ۰/۵۱ در رابطه ۲ 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]

جدول ۴. مقدار سایش نمونه‌های هرتیغه(گرم)، پس از ۲۵۰ کیلومتر کارکرد، بر حسب فاصله از نوک تیغه

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

[#]: حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ابعاد 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 می‌شوند، سبب افزایش ضریب ۰/۵۱ و عواملی مانند افزایش سختی سطح (۳ و ۸) که باعث کاهش سایش می‌شوند سبب کم شدن مقدار این ضریب می‌گردند.

به‌منظور مطالعه چگونگی سایش در طول تیغه‌ها، اختلاف وزن هر نمونه پس از طی مسافت ۲۵۰ کیلومتر تعیین شد که در جدول ۴ برحسب فاصله از نوک تیغه نشان داده شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود، حداکثر مقدار سایش هر تیغه مربوط به نمونه‌ای که به نوک تیغه نزدیک‌تر بوده است می‌باشد و کمترین مقدار سایش (به‌جز در تیغه سوم) مربوط به نمونه‌ای است که در موقعیت وسط نیمه دوم قرار داشت. به رغم تفاوتی که در میانگین سایش نمونه‌های مربوط به هر فاصله از نوک تیغه وجود داشت، آزمون دانکن نشان داد که در سطح ۵٪ بین سه موقعیت انتهایی تیغه تفاوتی معنی‌دار بین میانگین سایش آنها وجود ندارد (جدول۳). حرف «ت» در جدول ۴ نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد، تجزیه واریانس مربوط به آزمون دانکن در جدول ۳ نشان داده شده است.

مدل رگرسیونی، رابطه سایش برحسب فاصله از نوک تیغه را می‌توان به صورت تابع درجه ۲ (رابطه ۳) با ضریب تبیین ۰/۹۳ نشان داد (شکل ۸).

$$y = ۰/۰۰۰۲x^{۲} - ۰/۱۰۷۸x + ۱۹/۶۲۱ \qquad [۳]$$

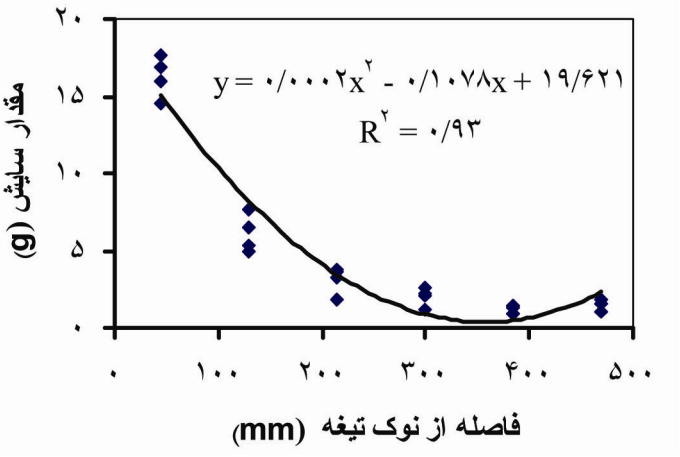
که در آن y مقدار سایش (g) و x فاصله از نوک تیغه (mm) می‌باشد.

معادله فوق ریشه حقیقی (سایش صفر) ندارد. با مشتق گرفتن از رابطه ۳ حداقل سایش در فاصله ۲۶۹/۵ میلی‌متری از نوک، یعنی در حدود وسط تیغه تعیین می‌شود. طبق رابطه ۳، سایش تیغه‌ها در فاصله ۲۶۹/۵ میلی‌متر، ۵/۱ گرم برآورد می‌شود.

چنانچه در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد بیش از ۵۰ درصد سایش مربوط به موقعیت نزدیک به نوک تیغه و حدود ۷۵ درصد سایش مربوط به دو موقعیت ابتدای تیغه ($\frac{۱}{۳}$ طول از نوک تیغه) می‌باشد. بنابراین با توجه به درصد سایش در هر فاصله از نوک تیغه می‌توان پیشنهاد کرد که برای کاهش مشکل سایش تیغه‌های برش خاک ورزهای برگردان‌دار نیازی به استفاده از فولادهای مرغوب و گران قیمت برای تمام تیغه نیست. بلکه چنانچه فقط در محدوده $\frac{۱}{۳}$ ابتدای طول تیغه (و حداکثر به همین نسبت در عرض) از فولاد مقاوم به سایش استفاده شود، از زیان‌های ناشی از سایش سریع تیغه‌های برش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]



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

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 ۵٪، اختلاف معنی‌داری بر حسب مسافت وجود نداشت.

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 $\frac{۱}{۳}$ طول از نوک تیغه بود.

۴. چنانچه هر تیغه فقط در محدوده $\frac{۱}{۳}$ ابتدای طول (و حداکثر 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]

منابع مورد استفاده

1. Davis, J. R. 2001. Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance. 2nd ed., ASM International, Ohio, U.S.A.
2. Kepner, R. A., R. Bainer and E. L. Barger. 1982. Principles of Farm Machinery. 3rd ed., AVI. Pub., Westport, U.S.A.
3. Khruschov, 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. 2nd 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.13.7]