تعیین مناسب ترین دستگاه سایش برای ابزار خاک ورز طبق استاندارد ASTM (۱۳۷)

مهدی کسرایی[۱]

چکیده

مهم ترین مشکل ابزار خاک ورز سایش است؛ سایش عامل اصلی کاهش عمر و کیفیت عملکرد اجزای ماشین ها است. نوع سایش ابزاری که با خاک در تماس می باشند، سایش خراشان می باشد. دستگاه های آزمایش سایش خراشان مختلف می باشند و هدف از این پژوهش تعیین مناسب ترین دستگاه آزمایش استاندارد بود تا بتوان مقاومت به سایش چند فولاد مختلف را برای کار در خاک کشاورزی تعیین و به طور کمّی با یکدیگر مقایسه نمود. از بین دستگاه های آزمایش استاندارد ASTM[2]، دو دستگاه چرخ لاستیکی و شن مرطوب (ASTM -G 105-1989) و چرخ لاستیکی و شن خشک (ASTM –G 65-1994) که برای تعیین مقاومت به سایش فولاد های خاک ورزی مناسب می باشند انتخاب شدند و با هر دستگاه چهار نمونه فولاد مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند؛ همچنین در مزرعه، نمونه هایی از آن فولادها بر روی تیغه های برش یک گاوآهن چهار خیش نیمه سوار قرار گرفت و سایش آن ها پس از انجام دادن ۲۰۰ کیلومتر کار شخم تعیین گردید؛ نتایج آزمایش با دستگاه ها با نتایجی آزمایشی که در مزرعه و شرایط واقعی انجام شده بود مقایسه گردید. نتایج نشان داد که ضریب تبیین بین نتایج آزمایش های با دستگاه (ASTM G 105-1989– و (ASTM –G 65-1994) با نتایج آزمایش در مزرعه به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۷۲ بود و نتیجه گرفته شد که نتایج آزمایش با دستگاه چرخ لاستیکی و شن مرطوب (ASTM –G 105-1989) با آزمایش مزرعه هم خوانی بهتری دارد و توصیه شد در آزمایش های سایش مربوط به ابزار های خاک ورز از این دستگاه استفاده شود.

کلیدواژه: سایش خراشان ، دستگاه آزمایش، استاندارد، ابزار کشاورزی

۱- استادیار دانشگاه شیراز، پست الکترونیک: kasraei@shirazu.ac.ir

2 -American Society for Testing and Materials

مقدمه:

سایش را می توان از بین رفتن سطح ماده در اثر استفاده بیان کرد. سایش در اثر حرکت نسبی بین دو سطح جامد که با یکدیگر در تماس می باشند اتفاق می افتد. سایشی که خاک در سطح ابزار خاک‌ورز ایجاد می‌کند سایش خراشان است[۶،۱۳،۱۴]. سایش خراشان در اثر حرکت نسبی سطح و یا سطوح همراه با ذرات ساینده ایجاد می‌شود؛ 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 [۹]. در اثر سایش خراشان سطح یک ماده بوسیله ماده سخت‌تر تخریب می‌شود[۳] در سایش ابزار خاک‌ورز، خاک ماده سخت‌تر می باشد و تخریب در سطح ابزار (فولادی) صورت می‌گیرد. در جدول ۱ سختی چند ماده ساینده با ریز ساختارهای مختلف فولاد بر حسب مقیاس ویکرز گزارش شده است.

جدول ۱: سختی تعدادی از مواد ساینده و فولاد با ریز ساختار مختلف بر حسب سختی ویکرز

مواد ساینده	سختی( )	ریز ساختار فولاد	سختی( )
آلومینا (کرندوم)	۱۸۰۰۰–۲۰۰۰۰	پرلیت (آلیاژی)	۳۰۰۰–۴۶۰۰
الماس	۶۰۰۰۰–۱۰۰۰۰۰	پرلیت (کربنی ساده)	۲۵۰۰–۳۲۰۰
کاربید سیلیسیم	۲۱۰۰۰–۲۶۰۰۰	فریت (آهن α)	۷۰۰–۲۰۰۰
کوارتز (سیلیکا)	۷۵۰۰–۱۱۰۰۰	مارتنسیت	۵۰۰۰–۱۰۰۰۰

از لحاظ کانی‌شناسی، کانی اصلی ذرات شن و سلیت کوارتز است وعلاوه بر آن کانی‌های اولیه دیگری مانند فلداسپار و میکا نیز در آنها یافت می‌شود. در رس‌ها کانی‌های مختلفی وجود دارد که مهم ترین آن ها سیلیکات‌های آلومونیم است.

طبق پژوهش ها، سختی شن، سنگ ریزه و سیلت در مقیاس موس ۷ (معادل ۱۱۰۰۰ در مقیاس ویکرز) می باشد که این مقدار بیشترین مقدار سختی خاک است و سختی ذرات رس حدود ۲/۵ موس (معادل ۲۰۰ در مقیاس سختی ویکرز) می باشد [۷]. ماده ساینده ابزار خاک‌ورز، خاک کشاورزی است و مواد ساینده خاک‌ها اغلب به شکل‌های مختلف سیلیکا مانند کوارتز[1] می‌باشند[۴،۷،۱۴] که اغلب سختی بیش از سختی فولاد ابزار خاک ورز دارند و در اثر حرکت بر روی ابزار سبب سایش می شوند.

روش‌های آزمایشگاهی تعیین سایش خراشان

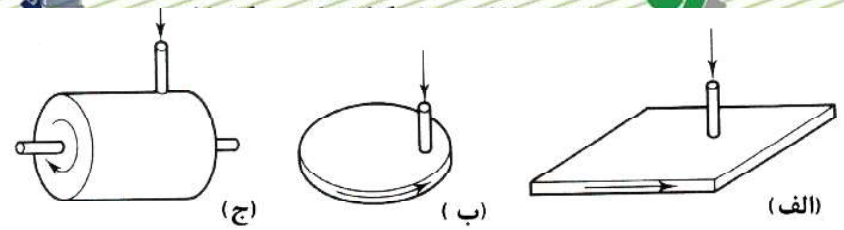
ویژگی دستگاه آزمایش سایش آن است که می تواند سریع، با هزینه کم و در شرایط کنترل شده یکسان نمونه های مختلف را از لحاظ مقاومت به سایش مقایسه کند و عوامل مؤثر بر سایش را به تنهایی مورد مطالعه قرار دهد.

معایب استفاده از دستگاه آزمایش سایش عبارت است از: نتایج فقط ارزش مقایسه‌ای دارند، در هر آزمایش فقط بخ ی از شرایط کار واقعی را می‌توان شبیه‌سازی کرد و امکان بررسی اثر تمام عوامل مؤثر در یک آزمایش وجود ندارد به علاوه دستگاه‌های آزمایش سایش قادر نمی‌باشند سایش در اثر ترکیب حرکت خاک و ضربه حاصل از برخورد سنگ را تعیین نمایند.

دستگاه‌های آزمایشگاهی استانداردی که به طور معمول در صنعت، برای بررسی سایش خراشان استفاده می‌شود دو گونه می‌باشند.

۱–دستگاه‌هایی که در آنها، نمونه آزمایش به شکل میله کوچک می‌باشد و بر روی ساینده‌های ثابت، به طور مستقیم حرکت می‌نماید. (شکل ۱). در این دستگاه‌ها بر روی میله، نیروی ثابت اعمال می‌شود و مقدار سایش با وزن کردن نمونه، در پیش و پس از آزمایش، تعیین می گردد.

1-Quartz



شکل ۱: شماتیک سه دستگاه آزمایش سایش خراشان (ساینده ثابت). (الف):میله روی سطح صاف[۱]. (ب): میله روی دیسک[۲]. (ج): میله روی غلتک[۳].

ساینده ثابت شامل یک کاغذ یا پارچه سنباده می‌باشد که در آن ذرات ساینده کاربید سیلیسیم[۴] و یا آلومینا[۵] با اندازه مشخص، به کاغذ یا پارچه ای چسبیده‌اند و کاغذ یا پارچه به صفحه، دیسک یا غلتک فلزی متصل می باشند. در این دستگاه‌ها نمونه در یک مسیر، عبور تکراری ندارد و در اثر حرکت کاغذ یا پارچه ساینده، بر روی ذرات ساینده تازه، لغزش می‌کند. این دستگاه‌ها، بر حسب چگونگی حرکت میله و صفحهٔ ساینده، به ۳ گروه تقسیم می‌شوند.

الف- میله نسبت به صفحه ساینده مستطیلی‌شکل، حرکت مستقیم رفت و برگشتی دارد (شکل ۱ الف).

ب- میله به طور شعاعی نسبت به دیسک حرکت می‌کند و چون دیسک حرکت دورانی دارد میله نسبت به ساینده‌ها حرکت مارپیچ خواهد داشت (شکل ۱ ب).

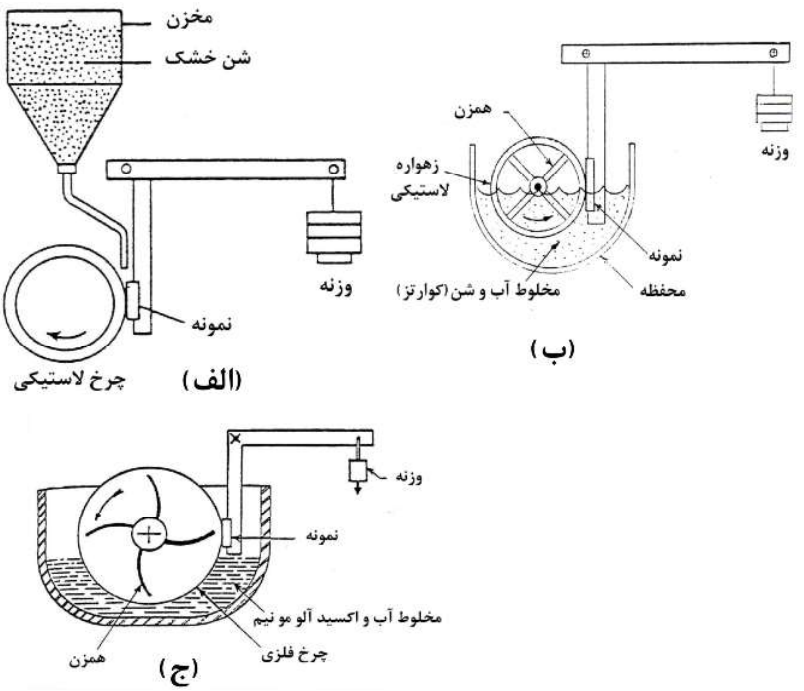
ج- میله به موازات محور بر روی استوانه حرکت می‌کند و استوانه حرکت دورانی دارد (شکل ۱ ج).

۲-دستگاه‌هایی که در آنها، نمونه آزمایشی دارای سطح مستطیلی شکل می‌باشد و ذرات ساینده، به طور آزاد بین یک چرخ دوار و نمونه قرار می‌گیرند. در این دستگاه‌ها نمونه تحت بار ثابت به یک چرخ دوار فشار می‌آورد و ماده ساینده بین چرخ و نمونه قرار می‌گیرد. دستگاه‌هایی که با این روش کار می‌کنند نیز به سه گروه تقسیم می‌شوند که مشخصات دستگاه‌های استاندارد □□□□ به صورت زیر است.

الف- چرخ لاستیکی و شن خشک(۶۵ □ - □□□□):

در این دستگاه، نمونه به ابعاد □ □ ۱۰□ □ □ ۲۶□ □ □ ۷۶ در مقابل یک چرخ دوار فولادی، دارای زه لاستیکی به قطـــــر□ □ ۲۲۸/۶ و پهنای □ □ ۱۳ قـ ار می‌گیرد(شکل ۲ الف). چرخ لاستیکی شامل یک دیسک فولادی است که در اطراف آن لاستیک کلروبوتیل[۶] با ضخامت □ □۱۳ قرار دارد. لاستیک ها باید با سختی اسمی ۶۲-۵۸ دیورمتر شور [۷] □ تهیه شوند؛ چرخ لاستیکی با سرعت ثابت □□□ ۲۰۰ می چرخد و با قرار دادن وزنه ، به محل تماس نمونه با چرخ، نیروی عمـودی معـــادل ۴۵ یا ۱۳۰ نیوتن اعمال می شود. ماده ساینده شن سیلیس (کوارتز) با دانه بندی □μ ۳۰۰ —۲۱۲ می باشد که رطوبت آن باید کمتر از ۰/۵ در صد باشد. ساینده توسط یک جت به نام جت ماسه، به مقدار ۴۰۰-۲۵۰ گرم بر دقیقه به طور آرام و به صورت یک پرده نازک به محل تماس نمونه با چرخ لاستیکی ریزش می نماید[۱۲].

[1]-Pin over flat
[2] - Pin on disk
[3] - Pin on drum
[4]-Silicon Carbide
[5]-Alumina
[6] Chlorobutyle
[7] Durometer Shore A



شکل ۲: شماتیک سه دستگاه آزمایش سایش خراشان (ساینده غیر ثابت). (الف): چرخ لاستیکی و شن خشک(۶۵ G- ASTM). (ب): چرخ لاستیکی و شن مرطوب(۱۰۵ G– ASTM). (ج): چرخ فولادی و ساینده مرطوب(۶۱۱ B– ASTM).

ب: چرخ لاستیکی و شن مرطوب(۱۰۵ G – ASTM):

اصول کارکرد آن مانند روش چرخ لاستیکی و شن خشک می‌باشد. در این روش، ذرات ساینده سیلیکا با آب مخلوط می گردد و نمونه در محیطی که آب و شن توسط همزن حرکت داده می‌شوند، قرار می گیرد (شکل ۲ ب).

در این دستگاه، نمونه به ابعاد ۱۰mm × ۲۶mm × ۵۸mm در مقابل یک چرخ لاستیکی به قطر ۱۷۸ mm و ضخام ـــت ۱۳ mm قرار می‌گیرد. در این دستگاه زه لاستیکی که دور دیسک فولادی قرار دارد از جنس نئوپرن[1] می باشد. لاستیک ها در سه گروه متفاوت با سختی اسمی ۵۰ ، ۶۰ و ۷۰ دیورمتر شور A تهیه می شوند؛ چرخ لاستیکی با سرعت ثابت ۲۴۵ rpm می چرخد و با قرار دادن وزنه ، به محل تماس نمونه با چرخ، نیروی عمـودی مع ـــادل ۲۲۲N اعمال خواهد شد. دو پره چهار بازویی ـ که درجلو وعقب چرخ قرار می‌گیرند ـ ضمن هدایت آب و شن به محل تماس نمونه با چرخ لاستیکی مانع ته نشین شدن شن می‌شوند. ماده ساینده شن سیلیس (کوارتز) با دانه بندی ۳۰۰ μm –۲۱۲ می باشد که با آب مقطر مخلوط می‌شود[۱۱].

ج: چرخ فولادی و ساینده مرطوب(۶۱۱ B– ASTM):

در این روش نیز نمونه در محیطی که آب و ساینده مخلوط می‌باشند و توسط پره حرکت می‌نمایند ق ار می‌گیرد. چرخ دوار فاقد زه لاستیکی است، نمونه با چرخ فولادی در تماس است و ساینده اکسید آلومونیم می‌باشد(شکل ۲ ج). این روش ویژه تعیین سایش کاربیدها و فولادهای خیلی سخت است. آزمایش استاندارد ۶۱۱ B- ASTM جزئیات این روش آزمایش را بیان می‌کند [۱۰].

استفاده از چرخ لاستیکی و یا چرخ فولادی صلب بر مقدار سایش تأثیر قابل توجهی دارد. وقتی ساینده توسط چرخ لاستیکی بر روی نمونه فشار وارد نماید هنگام برخورد به فاز سخت ماده در لاستیک فرو می‌رود و نیروی کمتری را به سطح نمونه

[1] Neoprene

منتقل می‌کند لذا امکان ایجاد شکست در فاز سخت ماده کمتر خواهد بود ولی اگر ذره ساینده از دو طرف با اجسام صلب در تماس باشد چنانچه مقاومت بالایی داشته باشد و نشکند در فاز سخت نمونه نفوذ کرده و ایجاد شکست می نماید.

مواد و روش ها:

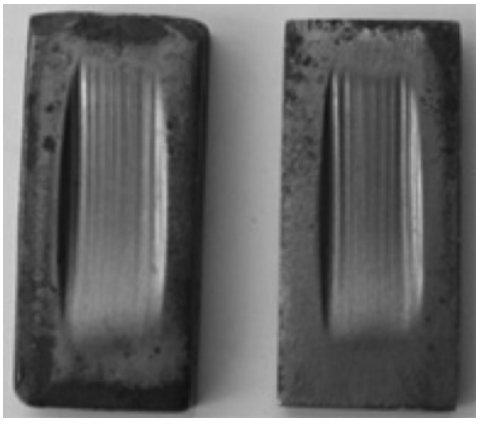
چون فولاد ابزار خاک ورز، در تماس با ساینده متحرک و مواد طبیعی است از گروه دوم دستگاه های آزمایش سایش خراشان استاندارد که در آن ها ساینده ثابت نمی باشد استفاده شد؛ از بین سه دستگاه آزمایش گروه دوم آزمایش با چرخ فولادی و ساینده مرطوب نیز به دلیل آن که ویژه کاربیدها و فولادهای خیلی سخت است و ساینده آن هم خیلی سخت تر از خاک های کشاورزی است حذف گردید و دو دستگاه دیگر این گروه مورد مطالعه قرار گرفت.

به منظور انتخاب فولاد مورد مطالعه در آزمایش به دلیل آن که فولاد ابزار باید هم ویژگی مقاومت به سایش و هم ویژگی مقاومت به ضربه را داشته باشد از یک فولاد متوسط کربن (C k ۴۵) انتخاب گردید؛ ترکیب شیمیایی فولاد مورد مطالعه که توسط دستگاه کوانتیمتر تعیین شد در جدول(۲) آورده شده است.

جدول ۲ : ترکیب شیمیایی فولاد مورد مطالعه

شماره استاندارد	*علامت*	C	Si	Mn	P	S
۱/۱۱۹۱	C k ۴۵	۰/۴۴	۰/۲۶	۰/۷۴	۰/۰۱	۰/۰۱

برای افزایش سختی این فولاد ۴ عملیات حرارتی مختلف بر روی آن انجام گردید[۱]؛ هر عملیات حرارتی یک شناسه در نظر گرفته شد؛ هر شناسه عملیات حرارتی شامل ۶ نمونه برای آزمایش با دو دستگاه آزمایش و ۶ نمونه برای آزمایش مزرعه در دو تکرار بود؛ هر شناسه تحت عملیات حرارتی خاصی قرار گرفته بود و ریز ساختار و سختی متفاوتی داشت[۱]. میانگین سختی نمونه های هر شناسه که با دستگاه سختی سنج ول پرت[1] آلمان (واقع در آزمایشگاه مهندسی مواد دانشگاه تربیت مدرس) اندازه گیری شد گزارش شده است. آزمایش ها در دو دستگاه آزمایش چرخ لاستیکی و شن خشک (واقع در مرکز تحقیقات سازمان جهاد سازندگی فارس) و چرخ لاستیکی و شن مرطوب (واقع در آزمایشگاه مهندسی مواد دانشگاه تربیت مدرس) انجام شد. معیار سایش، طبق روش آزمایش ها، بر اساس کاهش حجم بود که با توجه به مقدار جرم کاسته شده از هر نمونه و جرم ویژه فولاد مورد مطالعه محاسبه شد. در شکل ۳ تصویر دو نمونه ساییده شده با دستگاه سایش خراشان شن خشک و چرخ لاستیکی(سمت چپ) و شن مرطوب و چرخ لاستیکی(سمت راست) ملاحظه می شود.



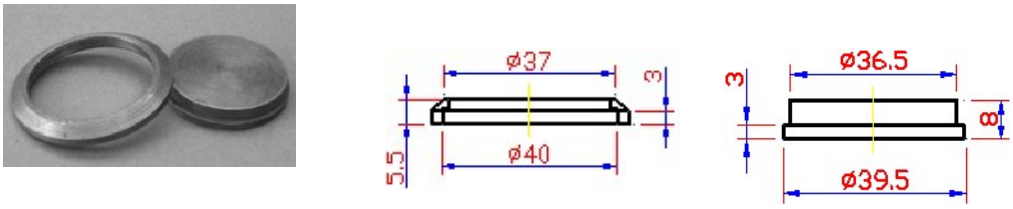
شکل ۳: تصویر دو نمونه ساییده شده با دستگاه سایش خراشان شن خشک و چرخ لاستیکی(سمت چپ) شن مرطوب و چرخ لاستیکی(سمت راست)

آزمایش های مزرعه ای در زمین‌های زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه، ۱۶ کیلومتری شمال شهر شیراز انجام شد. بافت خاک های مزارع لوم، سیلتی لوم، لوم شنی و رسی شنی بود. خاک مزارع سنگ و سنگ ریزه نداشت؛ رطوبت خاک از ۱۳ تا ۱۷ درصد و جرم ویژه ظاهری خاک از۱/۴۴ تا ۱/۴۸ گرم بر سانتی مترمکعب اندازه گیری شـد.

[1] Wolpert

مطالعـات بر روی تیغه برش خاک ورز برگردان دار و بر اساس عملیات شخم در عمق ۲۵-۱۵ سانتی متر و سرعت ۴ لی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت انجام گردید. برای عملیات شخم از یک تراکتور جاندیر ۴۲۳۰ با قدرت موتور ۸۳ کیلووات و یک خاک ورز برگردان دار ۴ خیش نیمه سوار جاندیر استفاده شد.

برای آزمایش هر نمونه طبق ابعادی که در شکل (۴ الف) مشاهده می‌شود تراشکاری شد و پس از چرب زدایی و تمیز نمودن، با ترازوی دیجیتال سارتریوس مدل ۳۲۴ با دقت ۰/۱ میلی گرم توزین شد. برای نصب هر نمونه بر روی تیغه، از یک طوقه با ابعاد شکل (۴ ب) استفاده گردید. هر نمونه در درون یک طوقه قرار گرفت (شکل۴ ج)؛ سپس طوقه‌ها به روش جوشکاری در فواصل ۴۵، ۱۳۰ و ۲۱۵ میلی متر از نوک تیغه بر روی تیغه ها نصب گردیدند. دلیل استفاده از طوقه، جلوگیری از جوشکاری مستقیم نمونه‌ها، در هنگام نصب بود.

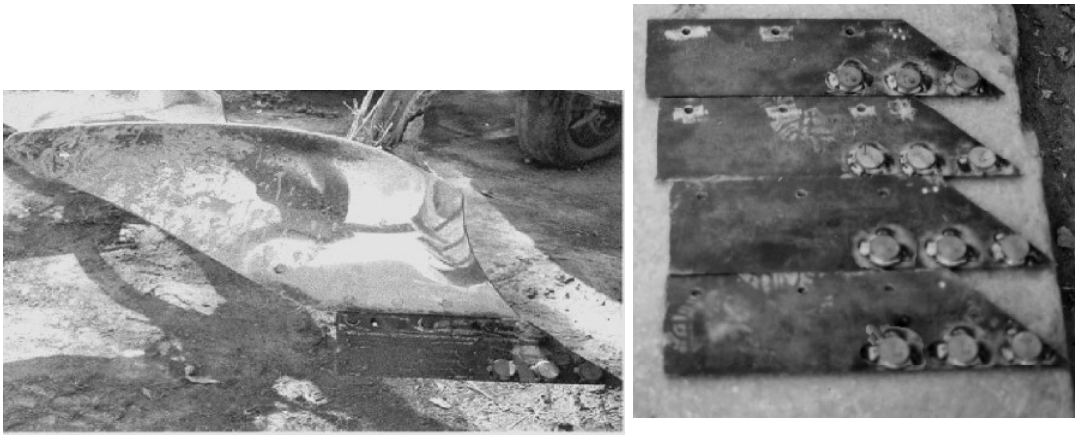


(ج) (ب) (الف)

شکل ۴: الف: ابعاد نمونه(mm)، ب: ابعاد طوقه(mm)، ج: تصویر یک نمونه و طوقه

استقرار هر نمونه به گونه‌ای بود که از سطح مقطع بزرگ تر روی تیغه و از سطح مقطع کوچکتر، ۲/۵ میلی متر از سطح طوقه بیرون قرار می‌گرفت؛ روی هر تیغه ۳ نمونه نصب گردید. در شکل ۵الف چگونگی استقرار نمونه‌ها بر روی تیغه ها و در شکل ۵ب موقعیت قرار گرفتن یک تیغه بر روی خاک ورز مشاهده می شود.

آزمایش در دو تکرار، هرتکرار در طول ۲۰۰ کیلومتر، تکرار اول، در پائیز و زمستان ۱۳۸۵ و تکرار دوم در بهار ۱۳۸۶ انجام شد.



(ب) (الف)

شکل۵: موقعیت استقرار (الف): نمونه‌ها بر روی تیغه ها (ب): تیغه بر روی خاک ورز

آزمایش در ۴ مرحله ۵۰ کیلومتری (به اضافه ۰/۵ تا ۱ کیلومتر) که با کیلومترشمار تراکتور کنترل می شد، انجام گردید. در هر مرحله، برای اطمینان از عدم تأثیر جلو یا عقب بودن تیغه (روی خاک ورز) بر مقدار سایش، ترتیب قرارگیری تیغه ها تغییر می کرد؛ محل استقرار هر تیغه بر روی خاک ورز در طول ۵۰ کیلومتر، طبق جدول ۳ بود.

جدول ۳: ترتیب استقرار تیغه ها درآزمایش مزرعه

شناسه تیغه	ترتیب تیغه ها بر روی خاک ورز در ۵۰ کیلومتر			
	اول	دوم	سوم	چهارم
الف	۱	۲	۳	۴
ب	۲	۳	۴	۱
ج	۳	۴	۱	۲
د	۴	۱	۲	۳

پس از اتمام آزمایش، نمونه های هر تیغه جدا، تمیز و توزین شد. معیار سایش، مقدار جرم کاسته شده از هر نمونه در اثر عملیات شخم بود که از تفاضل جرم نمونه در پیش و پس از عملیات (۲۰۰ کیلومتر کارکرد) محاسبه می شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش با دستگاه های آزمایش برای هر شناسه بر حسب میانگین کاهش حجم نمونه ها حاصل از سه نمونه که با هر دستگاه مورد آزمایش قرار گرفت در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴: نتایج آزمایش سایش بر روی ۴ شناسه (در آزمایشگاه)

شناسه عملیات حرارتی	سختی (ویکرز) $(\frac{kgf}{mm^2})$	چرخ لاستیکی و شن مرطوب (□□□□ –□ ۱۰۵)	چرخ لاستیکی و شن خشک (□□□□ –□ ۶۵)
		میانگین کاهش حجم نمونه ها (mm^3)	میانگین کاهش حجم نمونه ها (mm^3)
۴	۳۶۳	۹۷/۹۴۳۲	۳۹/۱۶۹۶
۳	۲۸۵	۱۱۷/۶۴۷۰	۴۷/۹۶۱۶
۲	۲۶۵	۱۳۳/۵۱۱۳	۶۹/۲۵۲۱
۱	۲۴۳	۱۶۰/۱۰۲۱	۹۸/۳۲۸۴

نتایج آزمایش مزرعه، بر حسب میانگین کاهش جرم نمونه های هر تیغه در جدول ۵ آورده شده است؛ این جدول همچنین نشان می دهد که هر شناسه عملیات حرارتی بر روی کدام تیغه قرار گرفته است.

جدول ۵ : نتایج آزمایش سایش بر روی ۴ شناسه (در مزرعه)

شناسه تیغه	شناسه عملیات حرارتی	میانگین کاهش جرم نمونه های هر تیغه (g)
الف	۴	۱/۹۸۶۱
ب	۳	۳/۷۰۰۰
ج	۲	۵/۲۷۰۸
د	۱	۴/۵۷۹۰

در جدول فوق شناسه تیغه، ترتیب قرار گرفتن تیغه بر روی خاک ورز در ۵۰ کیلومتر اول (به گونه ای که در جدول ۳ گزارش شد) است.

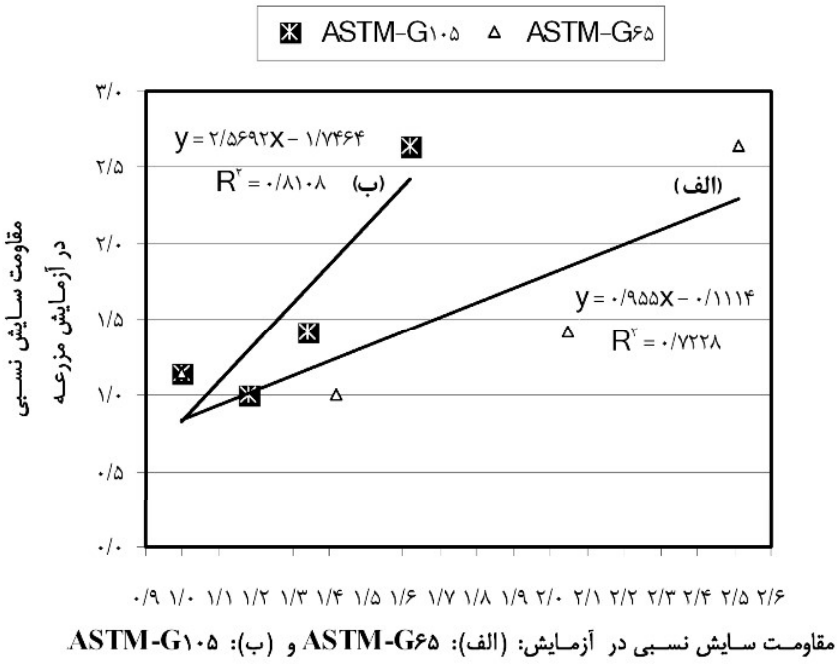
در هر آزمایش، مقاومت سایشی هر شناسه، از وارون مقدار سایش آن شناسه تعیین شد. در جدول ۶ مقاومت سایشی هر شناسه در هر آزمایش و نیز مقاومت سایشی نسبی ملاحظه می شود. در هر آزمایش مقاومت سایشی از وارون میانگین کاهش حجم (در آزمایش های آزمایشگاه) و یا کاهش جرم (در آزمایش مزرعه) و مقاومت سایشی نسبی از تقسیم سایش هر شناسه بر کمترین مقاومت سایش در همان آزمایش تعیین گردید.

جدول ۶: مقایسه مقاومت سایش نسبی ۴ شناسه عملیات حرارتی فولاد ۴۵□ □ در آزمایشگاه با مزرعه

شناسه	**نتایج آزمایشگاه**				**نتایج آزمایش مزرعه**	
	چرخ لاستیکی و شن مرطوب		چرخ لاستیکی و شن خشک			
عملیات	(۱۰۵ □- □□□□)		(۶۵ □- □□□□)			
حرارتی	مقاومت سایشی	مقاومت سایش	مقاومت سایشی	مقاومت سایش	مقاومت سایشی	مقاومت سایش
	($\cdot 10^{-3} mm^{-3}$)	نسبی	($\cdot 10^{-3} mm^{-3}$)	نسبی	(g^{-1})	نسبی
۴	۱۰/۳۱	۱/۶۲	۲۵/۵۳	۲/۵۱	۰/۵۰۴	۲/۶۵
۳	۸/۵۰	۱/۳۴	۲۰/۸۵	۲/۰۵	۰/۲۷۰	۱/۴۲
۲	۷/۴۹	۱/۱۸	۱۴/۴۴	۱/۴۲	۰/۱۹۰	۱/۰۰
۱	۶/۳۵	۱/۰۰	۱۰/۱۷	۱/۰۰	۰/۲۱۸	۱/۱۵

قابل ذکر است که چون عملیات حرارتی بر چگالی شناسه‌ها تغییری ایجاد نمی‌کرد و چگالی شناسه‌ها یکسان بود، در صورتی که مقاومت سایشی نتایج مزرعه مانند نتایج آزمایشگاه، برحسب وارون حجم محاسبه می‌شد، تغییری در مقدار مقاومت سایشی نسبی نداشت.

در شکل ۶ رابطه رگرسیون خطی بین مقاومت سایش نسبی در آزمایشگاه با دستگاه ۱۰۵ □- □□□□ (چرخ لاستیکی و شن مرطوب) و آزمایش مزرعه نشان داده شده است؛ ضریب تبیین ۰/۸۱۰ (ضریب همبستگی ۰/۹۰) رابطه خطی خیلی خوبی بین نتایج آزمایش با این روش با آزمایش مزرعه‌ای را نشان می‌دهد. همچنین نتایج آزمایش با دستگاه ۶۵ □- □□□□ (چرخ لاستیکی و شن خشک) و آزمایش مزرعه ، در شکل ملاحظه می‌شود؛ ضریب تبیین ۰/۷۲۲ (ضریب همبستگی ۰/۸۵) رابطه خطی نسبتاً خوبی بین نتایج آزمایش مزرعه‌ای و این روش آزمایش نشان می‌دهد.



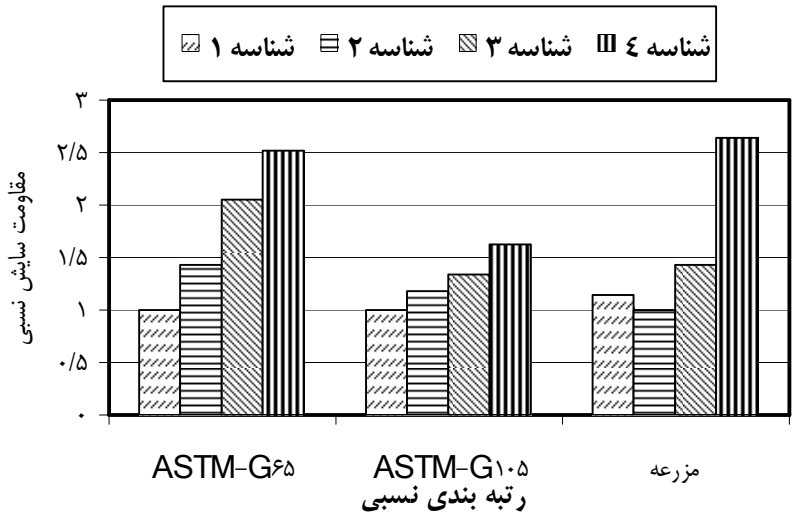
شکل ۶: رابطه رگرسیونی نتایج تعیین مقاومت سایشی ۴ شناسه عملیات حرارتی فولاد ۴۵ □ □ در آزمایشگاه و مزرعه

با مقایسه ضریب تبیین (یا ضریب همبستگی) حاصل از نتایج این پژوهش می توان نتیجه گرفت که هر دو روش آزمایش سایش خراشان استفاده شده می توانند روش های آزمایشگاهی قابل توجهی برای سایش ابزار کشاورزی در گیر با خاک باشند ولی روش آزمایش با دستگاه ۱۰۵ □- □□□□ (چرخ لاستیکی و شن مرطوب) نتایج قابل قبول تر و بهتری می دهد. دلیل آن می تواند وجود آب و خنک بودن نسبی سطح نمونه مورد آزمایش در این آزمایش نسبت به آزمایش با دستگاه ۶۵ □- □□□□ (چرخ لاستیکی و شن خشک) باشد. به این ترتیب در استفاده از دستگاه های سایش خراشان استاندارد برای ابزار درگیر با خاک، استفاده از دستگاه ۱۰۵ □- □□□□ (چرخ لاستیکی و شن مرطوب) توصیه می شود.

در شکل ۷ رتبه بندی نسبی نتایج آزمایشگاه و مزرعه با یکدیگر مقایسه شده‌اند. چنانچه ملاحظه می‌شود، مقاومت سایشی شناسه ۴ (که سختی قابل توجه بیشتری نسبت به سه شناسه دیگر داشته است) به طور نسبی، در مزرعه بیشتر از آزمایشگاه بوده است. دلیل آن همان گونه که نورمن[1] [۸] و هاچینگز[2] [۵] بیان کرده اند، می‌تواند اختلاف در نسبت سختی ماده ساینده به ماده

[1] Norman
[2] Hutchings

تحت سایش باشد. به عبارت دیگر، در آزمایشگاه چون سختی ساینده (کوارتز) بیش از هر ۴ شناسه آزمایش بوده است، اختلاف مقاومت سایشی آنها به طور نسبی چندان زیاد نیست؛ ولی در مزرعه سختی ذرات و شرایط سایش خاک بگونه‌ای بوده که سختی نسبتاً بالای شناسه ۴ نسبت به بعضی از ذرات خاک، مانع سایش زیاد آن شده در صورتی که ذرات خاک بر سه شناسه دیگر، که سختی کمتری داشته اند، تأثیر مشابه با نتایج آزمایشگاه داشته است.



شکل ۷: مقایسه نتایج رتبه بندی نسبی مقاومت سایشی ۴ شناسه عملیات حرارتی فولاد ۴۵ در آزمایشگاه و مزرعه

در آزمایش مزرعه مقاومت سایشی شناسه ۲ نسبت به ۱ برخلاف انتظار کمتر بود و توجیه متالورژیکی خاصی ندارد. ریز ساختار هر دو شناسه فریت و پرلیت و پرلیت شناسه ۲ ریزتر از شناسه ۱ بود و به طور معمول باید در شناسه ۲ به دلیل پراکندگی بیشتر فازها و سختی بالاتر مقاومت سایشی بیشتری ایجاد می‌شد؛ بنابراین دلیل آن می‌تواند مربوط به خاک باشد. به طور مثال چون برخورد به سنگ در هنگام شخم، می‌تواند سایش زیادی ایجاد کند می توان احتمال داد که یکی از دلایل سایش بی تر شناسه ۲ نسبت به ۱ این موضوع باشد. اختلاف رتبه‌بندی شناسه‌های ۱ و ۲ در آزمایشگاه و مزرعه نشان می‌دهد که در توجیه نتایج مزرعه باید توجه داشت که حتی در یک خاک ورز ممکن است تیغه‌های مختلف و نقاط متفاوت آن با شرایط سایشی متنوعی مواجه شوند؛ بنابراین در مقایسه نتایج آزمایشگاه با مزرعه، یکنواختی شرایط مزرعه عامل مهمی در کسب نتیجه می‌باشد.

فهرست منابع:

۱-کسرایی، م و صبور روح اقدم، ع. ۱۳۸۴. مطالعه فولاد ساده کربنی ۴۵ Ck جهت استفاده ابزار خاک ورز. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. شماره پانزدهم. صص۲۵-۱۹.

2- **Bhakat، A. K.، Mishra، A. K.، Mishra، N. S. and Jha، S.** 2004. Metallurgical life cycle assessment through prediction of wear for agricultural grade steel. Wear، **257:** 338-346.

3- **Bhushan، B. and Gupta، B. K.** 1991. Handbook of tribology، pp:3.1-3.25. New York: McGraw-Hill، U.S.A.

4- **Foley، AG.** 1984. Abrasive wear of cultivation equipment by soil. Soil and Water، **12:2** 12-14.

5- Hutchings، I. M. 1992. Tribology: Friction and wear of engineering materials، 1st edn. London: Edward Arnold، U.K.

6- Kepner، R. A.، Bainer، R. and Barger، E. L. 1982. Principles of Farm machinery، 3rd edn. Westport: AVI. U.S.A.

7- Moore، M. A. 1975. Abrasive wear by soil. Tribology International، **8:** 105-110.

8- Norman، T. 1980. Wear in ore processing machinery. In: Wear Control Handbook، pp. 1009-1052. ASME، U.S.A.

9- Rabinowicz، E. 1995. Friction and wear of materials، 2nd edn. John Wiley and Sons، U.S.A.

10- Standard Test Method for Abrasive Wear Resistance of Cemented Carbides، B611 – 85، Annual book of ASTM standards. 1999، Philadelphia، Vol 2.05. pp. 328-329. U.S.A.

11- Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests، G105-1989، Annual book of ASTM standards. 2002، Philadelphia، Vol 3.02. pp. 443-451. U.S.A.

12- Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus، G65-1994، Annual book of ASTM standards، 2002، Philadelphia، Vol 3.02. pp. 253-264. U.S.A.

13- Swanson، P. A. 1993. Comparison of libratory abrasion tests and field tests of materials used in tillage equipment. In: Tribology: Wear test selection for design and application، ASTM، 1199edn. Ruff، I.، and Bayer، R. G. pp. 80-98. U.S.A.

١٤- Yu، H. J. and Bhole، S. D. 1990. Development of a prototype abrasive wear tester for tillage tool materials. Tribology International، **23:5** 309-316.