تعیین سایش هفت نوع تیغه خاک‌ورز مرکب به روش کاهش وزن

مهدی کسرایی[1]، سجاد بدری[2]

[1] هیأت علمی گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه شیراز؛kasraei@shirazu.ac.ir
[2] سجاد بدری دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه شیراز؛sajadbadri279@yahoo.com

چکیده

تعیین سایش تیغه‌های خاک‌ورز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که به روش توزین تیغه‌ها و نیز پردازش تصویر انجام می‌شود. به منظور استفاده در تولید تیغه‌های خاک‌ورز مرکب هدف از این پژوهش تعیین تیغه‌های مقاوم‌تر به سایش بوده است. به این منظور پنج تیغه متفاوت خارجی شامل: ساگلامل، گرازیا، سلسان، آمپن، بادگر و دو تیغه ایرانی ابرندآبادی و رحیمی انتخاب شد. تیغه‌ها با شرایط یکسان در هفت مرحله عملیات خاک‌ورزی انجام دادند. پس از هر مرحله تیغه‌ها از خاک‌ورز جدا، تمیز و توزین شدند. نتایج نشان داد که تیغه‌های بادگر، گرازیا و آمپن به ترتیب سه تیغه مقاوم به سایش بودند که پس از آن به منظور شناسایی ویژگی‌های متالورژیکی آن‌ها ترکیب شیمیایی، ریزساختار و سختی آن‌ها تعیین و برای شبیه سازی معرفی شد.

کلمات کلیدی: خاک‌ورز مرکب، تیغه ،توزین، سایش

Determining of Abrasive wear in seven types of Composite Tillage Tines by weighing method

Mehdi Kasraei . Sajjad Badri
Shiraz university. Mechanics of biosystems engineering dept.
kasraei@shirazu.ac.ir

ABSTRACT

Determining the abrasive wear of tillage tines has particular importance. Wear of tines were determined by weighing and.or image processing. For using in producing composite tillage tines, the purpose of this study was to detecting the tines which were more resistant to abrasive wear. For this purpose, five different foreign tines including: Saglaml, Grazia, Celsan, Ampn, badger and two Iranian tines, Abrandabadi and Rahimi were selected. The tines, at the same condition, had seven stages of tillage operation. After each stage, the tines were detached, cleaned and weighed. The results showed that badger, Grasia and Ampn tines were the three best wear resistant tines, respectively. After which, for detecting metallurgical properties of these tines, chemical composition, microstructure and hardness of them were determined for simulation.

Keywords: Combined Tillage, Tines, Weighing, Abrasive wear

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

۱- مهدی کسرایی- بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز۰۷۱۳۶۱۳۸۳۶۳

۱- مقدمه

۱-۱- خاک‌ورز

خاک‌ورز مرکب مهم‌ترین ماشین خاک‌ورزی برای حفظ رطوبت در زمین‌های دیم است. تیغه، قسمت اصلی آن است که عمل بریدن خاک را انجام می‌دهد. سایش مهم‌ترین عامل محدود کننده عمر و عملکرد تیغه‌های برش و سایر ابزارهای خاک‌ورزی است. انتخاب نوع ماده تیغه و عملیات حرارتی آن اهمیت زیادی بر مقاومت به سایش دارد. درکشور ایران با وجود این‌که استفاده زیادی از این خاک‌ورز می‌شود و پیشرفت‌های زیادی در تولید کمی و کیفی این ماشین خاک‌ورز شده است ولی هنوز نگاه جدی به تولید این قطعه حساس خاک‌ورز نشده است و تیغه‌های ساخت داخل اغلب مناسبی با خاک و شرایط موجود درکشور نمی‌باشند به طوری که تیغه‌های مرغوب اغلب وارداتی هستند. خاک‌ورز مرکب وسیله‌ای می‌باشد که از چند شاخه که بر روی شاسی نصب می‌شود تشکیل شده است. این خاک‌ورز در هنگام کار و زمانی که پشت تراکتور کشیده می‌شود، تیغه‌های آن در خاک نفوذ کرده و عمل شخم زدن را انجام می‌دهد. از این خاک‌ورز علاوه بر مزارع دیم به منظور خاک‌ورزی در زمین‌های پوشش‌دار نیز استفاده می‌شود. این خاک‌ورز با جا به جا و پخش کردن درصد زیادی خاشاک و پوشش گیاهی در سطح خاک از فرسایش آبی و بادی جلوگیری می‌کند و موجب نفوذپذیری آب بیشتری به داخل خاک می‌شود. این نوع خاک‌ورز از دهه ۱۹۳۰ به بازار معرفی شد و ممکن است سوار، نیمه‌سوار، یا کششی باشد. خاک‌ورز بشقابی و برگردان‌دار به دلیل زیرو رو کردن خاک سبب از دست رفتن رطوبت زیادی می‌شوند. خاک‌ورز مرکب خاک را بر نمی‌گرداند بلکه لایه سطحی خاک را خرد می‌کند که برای حفظ رطوبت میتواند بسیار موثرباشد (منصوری راد،۱۳۷۶)

۱-۲- اجزای خاک‌ورز مرکب

خاک‌ورز مرکب در نظر گرفته شده در این تحقیق از نوع سوار هفت شاخه بود که از سه قسمت عمده شاسی، شاخه‌ها و غلتک کلوخ کوب تشکیل شده است. هر شاخه به نوبه خود شامل یک ساقه و یک تیغه بود. این خاک‌ورز مرکب دارای دو ردیف شاخه و یک غلتک کلوخ کوب می‌باشد. شاخه‌ها طوری روی شاسی نصب می‌شوند که هر شاخه جلو درمیان دو شاخه عقب قرار گیرد و فاصله تیغه‌ها بر روی شاسی ۳۰ سانتی‌متر بود. ارتفاع شاسی از زمین حدود ۷۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین دو ردیف شاخه ۸۰ سانتی‌متر بود. این خاک‌ورز قابل تنظیم بود به طوری که قادر به شخم عمیق نیز داشت و می‌توانست خاک را تا عمق ۴۵ سانتی‌متری سست کند.

۱-۳- خاک‌ورزمرکب دارای قسمت‌های زیر است:

۱-تیغه: وظیفه‌ی برش خاک را بر عهده دارد و شامل انواع مختلفی از قبیل: کاردی، قلمی، پنجه غازی است.
۲-ساقه: وظیفه‌ی نگهداری تیغه در موقعیت در نظر گرفته‌شده را دارد.
۳-شاسی: موجب نگهداری ساقه‌ها است.
۴-غلتک کلوخ کوب: وظیفه‌ی خرد کردن کلوخ‌ها را بر عهده دارد.

مزایای خاک‌ورز مرکب نسبت به خاک‌ورز برگردان‌دار

۱-به طور معمول عرض کار خاک‌ورز مرکب بیش از خاک‌ورز برگردان‌دار می‌باشد. به همین دلیل مصرف سوخت و زمان انجام عملیات برای این خاک‌ورز کاهش می یابد.
۲-پس از انجام عملیات خاک‌ورزی در زمین، هیچ گونه جوی و پشته ایجاد نمی‌شود و سطح زمین صاف و هموار می‌باشد.
۳-رطوبت خاک حفظ می‌شود.

۱-۴- سایش

خاک دارای ذرات سختی است که می‌تواند سطح فولاد را خراش دهد و ایجاد سایش نماید. این نوع سایش را سایش خراشان می‌نامند. سایش مهم‌ترین عامل محدود کننده عمر و عملکرد تیغه‌های برش و سایر ابزارهای خاک‌ورزی است. از آنجا که تیغه خاک‌ورز وظیفه برش خاک و جدا کردن آن را از زمین به عهده دارد در مقایسه با سایر ابزار کشاورزی در معرض سایش شدید است. سایش وقتی اتفاق می‌افتد که دو جسم در تماس با یکدیگر و نسبت به هم حرکت داشته باشند. سایش خراشان وقتی اتفاق می‌افتد که سطح یکی از سطوح سخت‌تر و یا دارای ذرات سخت‌تری باشد (کسرایی و صبور روح اقدم،۱۳۸۳).

ویژگی‌های سایش را در تیغه‌های پنجه‌غازی کولتیواتورهای مختلف با یک دستگاه آزمایش خراشان مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها دو نوع تیغه

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

پنجه‌غازی معمولی و تیغه‌های پنجه‌غازی که لبه آن‌ها سخت‌کاری شده بود را با هم مقایسه کردند. آزمایش‌های آن‌ها نشان داد تیغه‌های سخت‌کاری شده، مقاومت سایش بهتری را از خود نشان دادند(Zhang & Kushwaha, 1995).

اثرات سایش خراشان بر تیغه‌های کولتیواتور در خاک‌های استرالیا را مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد که سالانه میلیون‌ها دلار خسارت ناشی از سایش ابزار کشاورزی به کشورشان وارد می‌شود به طوری که طول عمر تیغه‌ها در نواحی مختلف در مسافتی بین ۹ تا ۱۶۸ کیلومتر بوده است(Ferguson *et al.*, 1998).

سایش خراشان را در ابتدای تیغه‌ی برش خاک‌ورز برگردان‌دار مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین سایش تیغه‌ها مربوط به یک ششم اول تیغه از نوک می‌باشد و کم‌ترین سایش مربوط به موقعیتی بود که در وسط نیمه دوم تیغه قرار داشت و علت هم این بیان شد که تیغه از نوک وارد خاک می‌شود و نوک تیغه بیش از سایر قسمت‌ها با خاک دست نخورده و فشرده رو به رو می‌شود (کسرایی و صبور روح اقدم، ۱۳۸۴).

اثر نوع تیغه و سرعت حرکت پیشروی بر مصرف سوخت و شدت سایش تیغه‌ها در خاک‌ورز برگردان‌دار را بررسی کرد. در این آزمایش دو نوع تیغه‌ی خاک‌ورز تولید کشورهای ایران و آلمان با سه سطح سرعت حرکت ۳، ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که سایش تیغه‌های ایرانی در سه سطح سرعت یکسان بوده و اثر متقابل سرعت در همه‌ی تیغه‌ها دارای تفاوت معنی‌داری بود. همچنین با افزایش سرعت، میزان سایش نیز افزایش داشت (شاکری، ۱۳۸۰).

۲- بخش مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش و تعیین سایش تیغه‌های خاک‌ورز مرکب ابتدا زمینی به مساحت حدود ۱۲ هکتار در منطقه اقلید فارس در نظر گرفته شد، سپس هفت نوع تیغه خاک‌ورز موجود در بازار با نام‌های: ساگلامل، گرازیا، سلسان، آمپن، بادگر و ابرندآبادی و رحیمی بودند ساگلامل ساخت کشور ترکیه، تیغه گرازیا ساخت کشور ایتالیا، تیغه سلسان ساخت کشور ترکیه، تیغه آمپن ساخت کشور هند، تیغه بادگر ساخت کشور آمریکا و تیغه ابرند ابادی ساخت کشور ایران مربوط به قطعات اهنگری خراسان و رحیمی ساخت کشور ایران مربوط به تکنو فورج خراسان بودند (شکل۱).

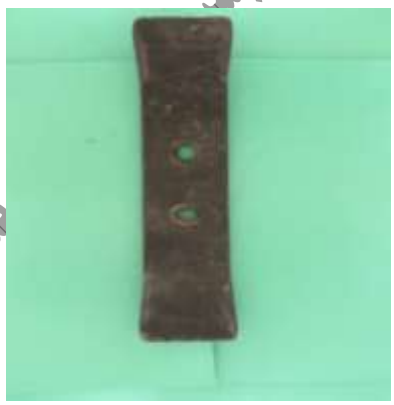

Figure 1. A Tine type used in this research

شکل۱- یک نوع تیغه به کار رفته در این پژوهش

هر هفت نوع تیغه به طور همزمان بر روی خاک‌ورز و در شرایط رطوبتی، سرعت، بافت خاک یکسان قرار گرفتند. خاکورز به صورت کششی توسط یک تراکتور MF399 با سرعت ۶ – ۵ کیلومتر بر ساعت عملیات شخم انجام می داد (شکل۲).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

Figure 2. Tractor and tillage

شکل۲- تراکتور و خاک‌ورز

عملیات شخم در هفت مرحله جداگانه انجام شد. در هر مرحله محل استقرار تیغه‌ها تغییر داده می شد به طوری که در مجموع، هر تیغه در ۷ شـــاخه مختلف خاک‌ورز قرار می‌گرفت. در هر مرحله، ۱۲/۵ کیلومتر شـــخم زده می‌شـــد که با توجه به عرض کار خاک‌ورز که ۱/۲ متر بود در هر مرحله ۱/۵ هکتار شخم زده شد. تیغه‌ها با آرایش خاصی بر روی خاک‌ورز نصب می‌شدند. خاک‌ورز مرکب مورد استفاده یک خاک‌ورز دو ردیفه که در ردیف جلو آن سه شاخه و در ردیف عقب آن چهار شاخه قرار داشت. پس از پایان عملیات شخم در هر مرحله، تیغه‌ها از محل نصب باز و شست و شو می‌شدند و به وسیله یک ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن و با تغییر مکان نسبت به حالت اولیه به خاک‌ورز نصب می‌شدند.
پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، سه تیغه مقاوم‌تر به سایش انتخاب و به منظور کپی سازی ویژگی‌های متالورژیکی شامل ترکیب شیمیایی، ریزساختار و سختی آنها تعیین شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقایسه کاهش وزن تمامی تیغه‌ها در مجموع هفت مرحله

آنالیز واریانس داده‌ها و نیز مقایسه میانگین داده ها با آزمون LSDدر جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. میانگین کاهش وزن تیغه بادگر از بقیه کمتر بوده و اختلاف معناداری در سطح احتمال ۰۵,۰ بین تمام تیغه‌ها وجود داشت.تجزیه واریانس داده‌ها کاهش وزن هر یک از انواع تیغه‌ها پس از پایان هفت مرحله عملیات شخم در جدول ۳ گزارش شده است که نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین میانگین کاهش وزن بین تیغه‌ها وجود داشت.همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود تیغه‌های بادگر با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایرین از عملکرد مقاومت به سایش بهتری برخوردار بود و بین تیغه‌های رحیمی و ابرندآبادی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۱- واریانس کاهش وزن تیغه‌ها به روش LSD

Table 1: Analysis of variance of weight loss of tines by LSD method

Source	Df	Sum of squares	Mean square	F
Treatment	6	41.916310	6.936551	7.23
Error	42	40.297685	0.959468	
Corrected total	48	81.916995		

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین کاهش وزن تیغه‌ها به روش LSD در ۷ مرحله در سطح ۰/۰۵

Table 2. Results of comparison The mean weight loss of tines by LSD method in 7 steps was 0.05

Treatment	Mean reduction weight in each stage (g)
Abrandabadi	3.5886^{A}
Rahimi	3.5586^{A}
Celsan	2.4414^{B}
Saglaml	2.2343^{B}
Ampn	1.9086^{B}
Grazia	$1.6914^{B,C}$
Badger	0.8314^{C}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD 5%)

مقایسه کلی کاهش وزن در تمام تیغه‌های مورد استفاده در شکل۲ نشان داده شده است که تیغه بادگر کمترین مقدار سایش و تیغه ابرندآبادی بیشترین مقدار سایش را داشته است.

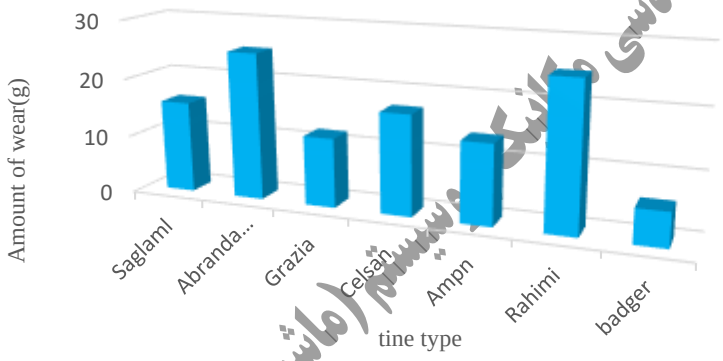

Figure 3: Comparison of weight reduction of the tines

شکل ۳- مقایسه کاهش وزن تیغه‌ها

۲-۳- کاهش وزن تیغه ها

با توجه به شکل ۴ با انجام عملیات شخم کاهش وزن و آهنگ سایش در هر تیغه خاک ورز مرکب کاهش یافت و سیر نزولی داشت. به عنوان مثال معادله رگرسیونی و ضریب تبیین تیغه گرازیا در شکل ۴ مشاهده می‌شود. مناسب‌ترین معادله برازش شده و ضریب تبیین تیغه‌ها در جدول ۳ برای تمامی تیغه‌ها گزارش شده است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

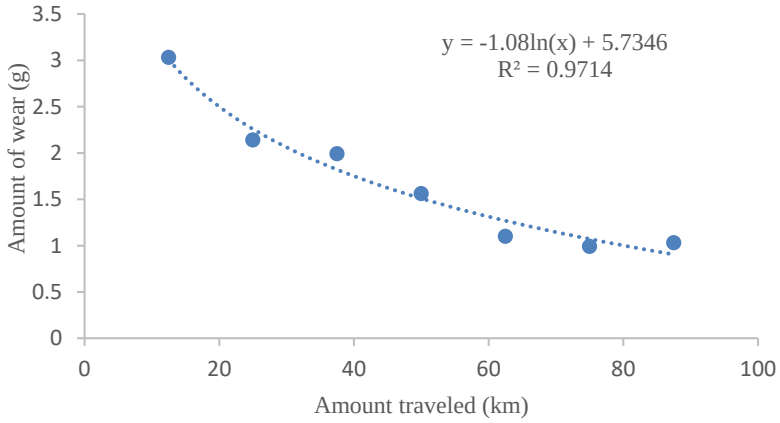

Figure 4 - Grazia tine weight loss changes

شکل ۴- تغییرات کاهش وزن تیغه Grazia

جدول ۳-مناسب‌ترین معادله برازش شده و ضریب تبیین تیغه‌ها

Table 3:The best fit equation and determination coefficient tines

Tine type	Logarithmic		Linear
	Equation	R²	R²
Saglaml	y = -1.548ln(x) + 8.0297	R² = 0.9544	R² = 0.8308
Abrandabadi	y = -2.225ln(x) + 11.919	R² = 0.8096	R² = 0.6183
Grazia	y = -1.08ln(x) + 5.7346	R² = 0.971	R² = 0.8927
Celsan	y = -0.602ln(x) + 4.694	R² = 0.8535	R² = 0.7843
Ampn	y = -0.967ln(x) + 5.5269	R² = 0.7097	R² = 0.4847
Rahimi	y = -1.278ln(x) + 8.3423	R² = 0.7563	R² = 0.5809
Badger	y = -0.661ln(x) + 3.3077	R² = 0.736	R² = 0.5401

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

با توجه به جدول ۲ سه تیغه بادگر، گرازیا و آمپن که مقدار سایش کمتری را داشتند در نظر گرفته شدند و به منظور شناسایی ویژگیهای متالورژیکی مورد مطالعه قرار گرفتند. برای تعیین عناصر تشکیل دهنده هر یک از سه تیغه، قسمتی از هر طرف ساییده نشده جدا گردید و طبق استاندارد ASTM مورد آزمایش کوانتومتری قرار گرفت. عناصر تشکیل دهنده سه نوع تیغه در جدول۴ گزارش شده است.

جدول۴- عناصر تشکیل دهنده سه نوع تیغه بهتر

Table 4. Elements consisting of three best types of tines

Tine type	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%Ni	%Fe
Grazia	0.616	0.286	1.10	0.026	0.010	0.010	rest
Ampn	0.647	0.248	0.948	0.042	0.005	0.005	rest
Badger	0.420	0.258	0.656	0.062	0.010	0.060	rest

با توجه به نتایج به دست آمده، تیغه گرازیا نزدیک به فولاد 1.1221 Ck60 و تیغه آمپن نیز نزدیک به فولاد 1.1221 Ck60 وتیغه بادگر نزدیک به فولاد1.1191 Ck45 بود.

۳-۳- سختی سنجی

برای تعیین سختی سنجی تیغه‌ها از روش سختی راکول سی استفاده شد. این آزمون برای هر نمونه در سه قسمت مختلف تیغه انجام شد و میانگین تکرارها در نظر گرفته شد. سختی سه تیغه در جدول۵ نشان داده شده است.

جدول۵- مقدار سختی تیغه‌ها در بار اعمالی۱۵۰kgf

Table 5 - The hardness of the tines at the applied load of kgf150

Tine type	Rockwell C Hardness (HRC)
Grazia	35
Ampn	47
Badger	47

به منظور متالوگرافی از هر تیغه نمونه‌ای جدا و سپس مانت شد و پس از آماده سازی شامل سایش زیر صیقل دادن و اچ کردن (با نیتال۲ درصد) ریزساختار آن زیر میکروسکوپ شناسایی شد. مشاهدات نشان داد که ساختار هر سه تیغه مارتنزیت تمپر شده بود (شکل ۵).

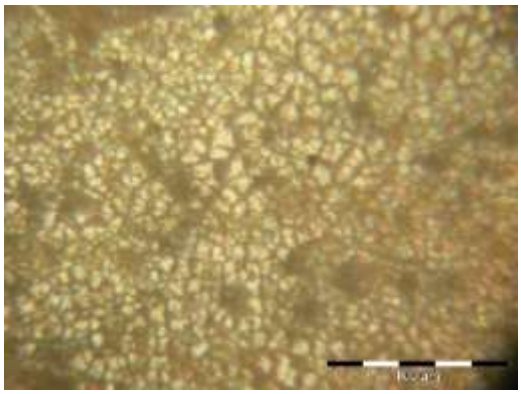

Fig. 5- micro structure of badger a tine with tempered martensitic structure(200x)

شکل ۵- ریزساختار تیغه بادگر با ساختار مارتنزیت تمپر شده (۲۰۰x)

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۴- نتیجه‌گیری

۱- تیغه بادگر با عملکرد سایشی کم‌تر برای الگو برداری و ساخت تیغه خاک‌ورز مرکب در داخل کشور توصیه می‌شود.
۲- با انجام عملیات شخم، آهنگ سایش در تیغه خاک‌ورز مرکب کاهش می‌یابد.
۳- مناسب‌ترین ریزساختار فلری برای تیغه‌های خاک‌ورز مرکب ساختار مارتنزیت تمپر شده شناخته شد.

۵- مراجع

Book:
Mansouri Rad, d. (1997). *Tractors and agricultural machinery*. Hamedan, Iran: Bu-Ali Sina University Press.

Conference Proceeding:
Kasraei, M., and Saboor ruhaghdam, AS. (2005). The study of Ck45 carbon steel for use in soil tillage. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 19, 15-25.
Kasraei, M., and Saboor ruhaghdam, AS. (2004). Abrasive wear study at the beginning of the tine moldboard plow share. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 4, 117-123.
Shakeri, M. (2001). The effect of speed on fuel consumption and the severity of abrasive wear of tines in moldboard plow share. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 1, 93-101.

Journal Article:

Ferguson, S., Fielke, J., & Riley, T. (1998). Wear of cultivator shares in abrasive South Australian soils. *Journal of Agricultural Engineering Research*, *69*(2), 99-105.
Zhang, J., & Kushwaha, R. (1995). Wear and draft of cultivator sweeps with hardened edges. *Canadian Agricultural Engineering*, *37*(1), 41-47.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران