

ارزیابی انرژی مصرفی و میزان به هم خوردگی خاک در ادوات خاک ورز حفاظتی

پرویز احمدی مقدم^{۱*} و لایا چراغی^۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱
۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
*مسئول مکاتبه E-mail: p.ahmadi@urmia.ac.ir

چکیده

افزایش مصرف انرژی در کشاورزی در نتیجه توسعه مکانیزاسیون، لزوم بهینه‌سازی ادوات مورد استفاده در این بخش را بیشتر نمایان می‌سازد. هدف از تحقیق حاضر، مطالعه برهم کنش تیغه‌های باریک خاک ورزی و خاک به منظور دستیابی به شکل هندسی بهینه به منظور افزایش بازده انرژی مصرفی می‌باشد. این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در انباره خاک صورت گرفت. متغیرهای مورد آزمایش شامل عمق خاک ورزی (۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر)، زاویه ابزار (۶۰، ۷۰ و ۹۰ درجه) و عرض تیغه (۳ و ۶ سانتی‌متر) و پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل نیروی مقاوم کششی، سطح به هم خورده خاک و بازده انرژی مصرفی می‌باشد. نتایج نشان داد که عمق و زاویه نفوذ تیغه اثرات معنی‌داری بر مقدار نیروی مقاوم کششی، مساحت به هم خورده خاک و بازده انرژی مصرفی دارد ($P < 0.01$). همچنین عرض تیغه اثر معنی‌داری بر نیروی مقاوم کششی و مساحت به هم خورده خاک دارد اما بر مقدار انرژی مصرفی تأثیر معنی‌داری ندارد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب عمق ۲۵ سانتی‌متر و زاویه نفوذ ۹۰ درجه بیشترین مقدار به هم خوردگی خاک و نیز بالاترین مقدار نیروی کششی را نیاز دارد. همچنین بررسی‌ها نشان داد که بهترین ترکیب به منظور افزایش بازده انرژی مصرفی استفاده از تیغه پهن‌تر (۶ سانتی‌متر)، زاویه نفوذ کوچک‌تر (۶۰ درجه) و عمق کار کمتر (۱۰ سانتی‌متر) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انباره خاک، بازده انرژی مصرفی، خاک‌ورزی حفاظتی، نیروی مقاوم کششی

گازهای گلخانه‌ای و آلودگی آب و خاک‌های کشاورزی را در پی داشته است (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به توسعه سیستم‌های خاک ورزی حفاظتی که به منظور کاهش مصرف انرژی و حفاظت از خاک صورت می‌گیرد، کاربرد ادوات خاک ورز باریک (چیزل مانند) در سراسر جهان افزایش چشم‌گیری داشته است. ساده‌ترین روش برای تخمین انرژی مورد نیاز یک ابزار خاک ورز حفاظتی، اندازه‌گیری نیروی مقاوم کششی مورد نیاز برای ادوات در حال کار است (ارهاردت و همکاران، ۲۰۰۱). محققین زیادی از این روش به منظور ارزیابی و بررسی عملکرد ادوات خاک ورز استفاده نموده‌اند (مانووا و آدامسون، ۲۰۰۷؛ مامان و اونی، ۲۰۰۵). کشش ویژه ادوات خاک ورزی، در شرایط و موقعیت‌های مختلف متغیر می‌باشد. زیرا تحت تأثیر عواملی هم‌چون بافت خاک، شکل هندسی، سرعت ابزار، مشخصات اصطکاکی خاک، تیزی تیغه و عمق کار می‌باشد (مانووا، ۲۰۰۹؛ مانیان و همکاران، ۲۰۰۰). ابوالنور و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقات خود دریافتند که عرض ابزار برشی خاک اثر

۱- مقدمه

مبداء بسیاری از تضادها و برخوردها در جهان امروزی بازتاب بحران انرژی و منابع محدود آن می‌باشد. با اینکه سیستم‌های نوظهور در کشاورزی مدرن، تولید و فرآوری محصول را آسان نموده‌اند اما همچنان تقاضا برای انرژی در بخش کشاورزی افزایش یافته است. خاک ورزی به عنوان گامی مقدماتی و پایه‌ای برای تولید محصولات کشاورزی، حجم بالایی از انرژی را مصرف می‌کند (خیرالا و همکاران، ۲۰۰۴). به دلیل استفاده از سیستم‌های مکانیزه، کودها، سموم شیمیایی و بذره‌های اصلاح‌شده، سیستم تولید محصولات کشاورزی به طور معناداری تغییر یافته و در نتیجه تغییرات قابل ملاحظه‌ای در نحوه مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایجاد گشته و موجب وابستگی بیشتر این بخش به سوخت فسیلی شده است. تغییر الگوی مصرف انرژی، مشکلاتی از قبیل گرم شدن محیط زیست ناشی از انتشار

پارامتر بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. مک لافلین و کمپبل (۲۰۰۴) نیز اثرات متقابل سرعت پیشروی و عمق کار را بر نیروی کششی مورد مطالعه قرار دادند و به نتایجی مشابه رحمان و چن (۲۰۰۱) دست یافتند.

با توجه به مطالب ارائه شده، بررسی دقیقی لازم است تا مقدار نیروی مقاوم کششی و مساحت خاک به هم خورده برای تیغه‌های باریک خاک ورزی تعیین گردد. با توجه به تعداد زیاد متغیرها در مزرعه و خطاهای غیرقابل کنترل در شرایط طبیعی، بررسی متغیرهای مربوط به تیغه‌های خاک ورز در شرایط کنترل شده (انباره خاک) می‌تواند کمک شایانی به انتخاب و طراحی مناسب این تیغه‌ها صورت دهد. بدین منظور، تأثیر تغییرات عمق، زاویه ابزار و شاخص رعنائی که مهمترین فاکتورهای در طراحی ادوات خاک ورز باریک هستند، بر مقدار نیروی مقاوم کششی، بازده انرژی مصرفی و مساحت به‌هم‌خوردگی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیک و مکانیک خاک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. به منظور بررسی اثر شکل هندسی تیغه بر مقدار نیروی کششی، مساحت خاک به هم خورده و بازده انرژی مصرفی (مساحت خاک به هم خورده بخش بر نیروی کششی مورد نیاز) از دو تیغه فولادی باریک استفاده گردید (شکل ۱ الف). آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. متغیرها شامل عرض تیغه در دو سطح (۳ و ۶ سانتی‌متر)، عمق کار در سه سطح (۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و زاویه نفوذ تیغه در سه سطح (۶۰، ۷۰ و ۹۰ درجه) مورد بررسی قرار گرفتند. سطوح متغیرهای مورد آزمایش با توجه به کاربرد ادوات چپزل مانند (ادوات باریک) در عملیات خاک ورزی انتخاب گردیدند. به منظور بررسی آماری داده‌ها، آزمایش‌ها در هر یک از تیمارها سه بار تکرار گردیدند.

انباره خاک دارای طول ۲۴ متر و عرض ۴ متر بوده که تا ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر پر از خاک گردید. از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک درون انباره نمونه برداری صورت گرفت و در آزمایش دانه‌بندی که بر اساس استاندارد *ASTM-C131* انجام گردید، مشاهده شد که خاک مورد آزمایش دارای ۱۳٪ شن، ۷۹٪ ماسه و ۶٪ رس می‌باشد. بافت خاکشنی با دانه‌بندی خوب همراه با رس لای‌دار تعیین گردید. رطوبت خاک بر مبنای خشک در هنگام آزمایش ۳٪ بدست آمد. در این تحقیق به منظور اندازه‌گیری چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی از دستگاه تست سه محوری (Percentage Triaxial Test) (آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه

معنی‌داری بر نیروهای برشی دارد به‌گونه‌ای که با افزایش عرض تیغه، نیروهای برشی در نسبتی غیر خطی افزایش می‌یابد. افزایش غیر خطی نیرو نشان می‌دهد که تغییرات عرض تیغه در ناحیه‌ای کم و در بازه مشخصی با روندی سریع‌تر اتفاق خواهد افتاد. گادوین (۲۰۰۷) معادله عمومی کشش را برای ابزار باریک خاک ورز بصورت معادله ۱ پیشنهاد کرد.

$$P = (\gamma d^2 K_p + CdK_c + C_a dK_{ca} + qdK_q)w \quad (1)$$

P = نیروی مقاوم برشی وارده بر تیغه (کیلو نیوتن)

γ = وزن مخصوص ظاهر خاک (کیلو نیوتن بر متر مکعب)

d = عمق کار (متر)

K_p, K_c, K_{ca}, K_q = ضرایب ثابت خاک

C = چسبندگی خاک (کیلو نیوتن بر متر مربع)

C_a = دگر چسبندگی خاک (کیلو نیوتن بر متر مربع)

q = اضافه بار (کیلو نیوتن بر متر مربع)

w = عرض تیغه (متر)

همانطور که در معادله ۱ مشخص است علاوه بر تأثیر مستقیم

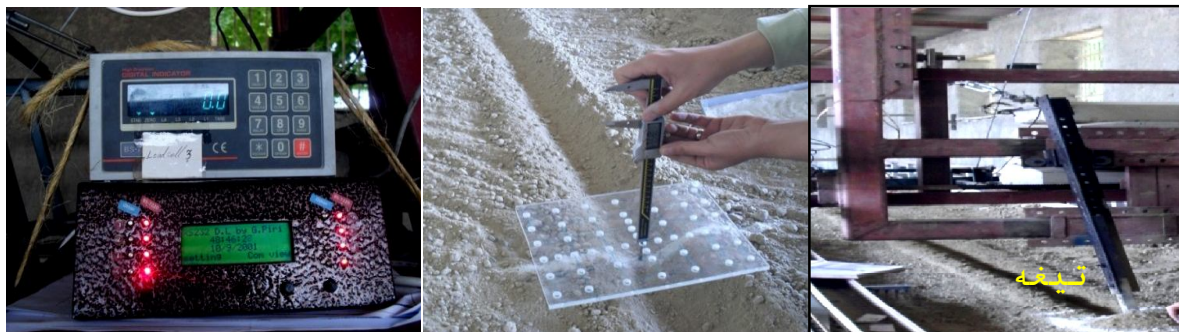
پارامترهای عمق کار و عرض کار تیغه بر مقدار نیروی مقاوم کششی، این متغیرها بر روی ضرایب ثابت نیز تأثیر گذار هستند و به این دلیل تأثیر آنها بر نیروی کششی، کاملاً خطی نیست و بسته به وضعیت خاک و شرایط هندسی تیغه می‌تواند مختلف باشد.

طراحی مناسب و دقیق ادوات خاک ورز حفاظتی، با در نظر گرفتن الگوهای مختلف شکست خاک، مستلزم برخورداری از دانش کافی از تأثیر متقابل خاک و ابزار می‌باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که طراحان و کاربران ادوات خاک ورزی نباید تصمیم‌گیری‌های خود را تنها بر مبنای کاهش نیروی کششی مورد نیاز ادوات بنا نمایند، بلکه پارامتر مهم دیگری نیز باید مدنظر قرار گیرد تا بتوان توصیف بهتری از مصرف انرژی برای ادوات خاک ورز بیان نمود. این پارامتر، مساحت خاک به هم خورده می‌باشد (گادوین، ۲۰۰۷). بنابراین شاخص بازده انرژی مصرفی (کشش ویژه) تعریف گردید که برابر است با مساحت سطح مقطع خاک به هم خورده بخش بر نیروی کششی مورد نیاز. دزایر (۱۹۸۱) در تحقیقات خود در خاک لومی رسی نشان داد که ابزار با زاویه نفوذ کوچکتر، عملکرد (بازده انرژی مصرفی) بهتری از ابزار با زاویه نفوذ بزرگ‌تر دارند. گادوین (۲۰۰۷) نیز نشان داد که کاهش شاخص رعنائی (نسبت عمق کار به عرض تیغه) ادوات خاک ورزی تا مقدار معینی باعث افزایش بازده انرژی مصرفی می‌گردد. رحمان و چن (۲۰۰۱) طی تحقیقاتی به این نتیجه رسیدند که پارامتر عمق کار ادوات خاک ورزی، نسبت به پارامتر سرعت پیشروی، فاکتور بسیار مؤثرتری بر مقدار نیروی مقاوم کششی ادوات خاک ورز می‌باشد. بنابراین برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر بایستی این

یک فایل متنی در کامپیوتر ذخیره شده و قابل انتقال به محیط نرم افزار اکسل بود. مجموعه بر روی یک میز نگهدارنده‌ی کوچک که با حامل انباره خاک حرکت می‌نماید، قرار داشت تا عمل جمع‌آوری و ثبت داده‌ها را به‌طور هم‌زمان میسر سازد. نیروی کششی تیغهدر طی مسافت ۵ متر جابجایی تیغه در طول کانال خاک و توسط لودسل‌های نیرو اندازه‌گیری شد. مقدار متوسط نیرو در طول این جابجایی به عنوان نیروی کششی مورد نیاز وسیله در نظر گرفته شد. بعد از عبور تیغه، مقدار خاک بهم‌خورده و مشخصات شیار ایجاد شده ثبت گردید. بدین منظور از یک پروفیل شیشه‌ای سوراخ‌شده استفاده شد. فاصله سوراخ‌ها ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد تا مشخصات شیار با دقت کافی استخراج گردد. پروفیل شیشه‌ای در بالای شیار ایجاد شده قرار گرفته و با استفاده از کولیس دیجیتال فاصله هر نقطه از شیار تا سطح خاک بدست آمد و مساحت و شکل واقعی شیار استخراج گردید (شکل ۱ ب). برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار *SPSS* و *MSTATC* استفاده گردید.

استفاده گردید. زاویه اصطکاک داخلی خاک برابر ۲۰ درجه و چسبندگی برابر با 0.03 kg/cm^2 به دست آمد. همچنین برای اندازه‌گیری دگرچسبی و زاویه اصطکاک خارجی از دستگاه صفحه کششی استفاده شد. دگرچسبی بین خاک و فلز برابر 1.06 kg/cm^2 و زاویه‌ی اصطکاک خارجی برابر ۳۰ درجه اندازه‌گیری شد. به منظور از بین بردن اثرات تیغه، پس از انجام هر آزمایش تیغه به اندازه ۴۰ سانتی‌متر در عرض انباره خاک جابجا شده و تکرار دوم برای همان شرایط آزمایش صورت می‌گرفت. پس از اتمام هر سه تکرار برای هر تیمار، خاک درون انباره برای آزمایش بعدی آماده و مسطح می‌شد. سرعت پیشروی تیغه درون انباره خاک ثابت و برابر با ۰/۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد.

برای ثبت و جمع‌آوری داده‌های مربوط به نیروی کششی از مجموعه‌ای شامل لودسل S شکل ۲۰۰ کیلوگرمی (Bongshin)، نمایشگر داده و دستگاه رابط بین نمایشگر و کامپیوتر استفاده گردید. نمایشگر و دستگاه رابط به هم متصل بوده و مستقیماً از طریق کابل USB به یک کامپیوتر متصل می‌گردید (شکل ۱ ج). داده‌ها بصورت



شکل (۱): الف) نحوه حرکت تیغه درون خاک ب) نحوه استخراج شکل شیار ج) نمایشگر به همراه رابط (اینترفیس) برای اتصال به کامپیوتر

دوگانه به بررسی مقایسه میانگین‌های این متغیرها پرداخته شد (جدول ۲ الی ۴). مقایسه میانگین‌های مربوط به دو متغیر عمق کار و زاویه نفوذ نشان از افزایش نیروی مقاوم کششی (افقی) با افزایش عمق کار و افزایش زاویه نفوذ تیغه برای هر دو تیغه دارد (شکل ۲). افزایش عمق کار از ۱۰ به ۲۵ سانتی‌متر و نیز افزایش زاویه نفوذ از ۶۰ به ۹۰ درجه باعث افزایش مساحت خاک به هم‌خورده در اثر عبور تیغه نیز می‌شود (شکل ۳).

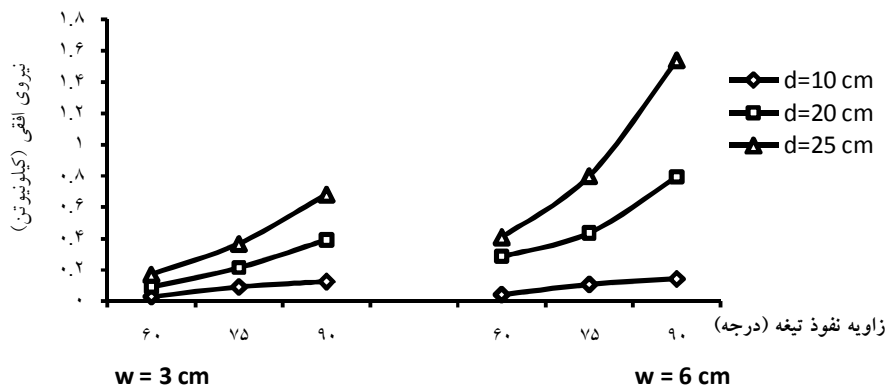
افزایش زاویه نفوذ تیغه از ۶۰ تا ۹۰ درجه، موجب اعمال تنش عمودی بیشتری به خاک شده و نیز حرکت خاک بر روی تیغه به سختی صورت گرفته و کرنش‌های برشی بزرگتری در خاک اتفاق می‌افتد که منجر به افزایش نیروی برشی و گسیختگی لایه‌های خاک بر روی هم می‌گردد که به تبع آن مساحت خاک به هم‌خورده و

۳- نتایج و بحث

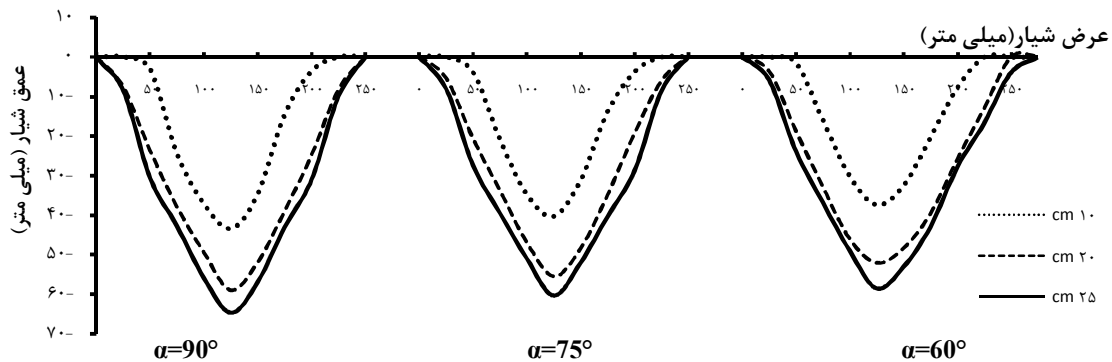
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هر سه متغیر عمق کار، عرض کار و زاویه نفوذ تیغه در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر دو مؤلفه نیروی مقاوم کششی و مساحت خاک به هم‌خورده دارند. همچنین تأثیر عمق کار و زاویه نفوذ تیغه بر بازده انرژی مصرفی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بوده ولی عرض تیغه اثر معنی‌داری بر بازده انرژی مصرفی (کشش ویژه) که در بسیاری از موارد شاخص تصمیم‌گیری در انتخاب متغیرها می‌باشد، ندارد (جدول ۱). باید اشاره نمود که با توجه به یکنواخت بودن تراکم خاک درون انباره خاک، مقدار نیرو نوسانات کمی در طول ۵ متر جابجایی داشت. نتایج نشان داد که اثرات متقابل دو گانه این متغیرها بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.01$) با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل

می‌یابد و در همان حالت نیز مساحت خاک به هم خورده تحت تاثیر تیغه کم می‌شود. در چنین شرایطی بایستی بازده نیروی کششی (انرژی مصرفی) تحلیل گردد. بررسی بازده انرژی مصرفی با آزمون دانکن بیانگر انتخاب تیمار R_{1d_1} (زاویه برش 60° و عمق کار ۱۰ cm) به عنوان بهترین شرایط برای دستیابی به بیشترین مقدار بازده کششی می‌باشد (جدول ۲). بایستی توجه نمود که این انتخاب بر مبنای دستیابی به حداکثر بازده انرژی مصرفی است. اما اگر دستیابی به حداکثر خاک ورزی و به هم خوردگی خاک مد نظر باشد و مصرف انرژی اهمیت کمتری داشته باشد تیمار R_{3d_3} (زاویه برش 90° و عمق کار ۲۵ cm) انتخاب مناسبتری می‌باشد. خیرالا و همکاران (۲۰۰۴) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که کاهش زاویه نفوذ ابزار از ۹۰ تا ۴۲ باعث کاهش نیروی کششی مورد نیاز می‌گردد. همانطور که قبلا نیز اشاره شد، کاهش زاویه باعث اعمال تنش‌های عمودی کوچکتر به خاک شده و حرکت خاک به طرف بالا به راحتی صورت گرفته و نیاز به نیروی کششی را کاهش خواهد داد.

نیروی مقاوم کششی مورد نیاز نیز افزایش می‌یابد. همچنین افزایش نیروی مقاوم کششی با افزایش عمق خاک‌ورزی را می‌توان ناشی از افزایش وزن خاک بر روی لایه‌های پایینی و احتمالاً افزایش جرم مخصوص خاک دانست که منجر به افزایش نیروی اصطکاک بین خاک و تیغه و صرف نیروی بیشتر برای بالا آوردن توده خاک می‌باشد. برای انتخاب صحیح و مناسب ترکیب متغیرها بایستی جدول مقایسه میانگین‌ها را بررسی نمود. ابتدا باید توجه داشت که کاهش نیروی مقاوم کششی مد نظر است یا افزایش مساحت خاک به هم خورده برای کشاورز اهمیت بیشتری دارد. نتایج نشان می‌دهد که برای داشتن نیروی کششی مطلوب (کمینه)، انتخاب حالت R_{1d_1} (زاویه برش 60° و عمق کار ۱۰ cm) می‌تواند بهتر باشد؛ هم‌چنین برای داشتن بیشترین مساحت بهم‌خوردگی خاک حالت تیمار R_{3d_3} (زاویه برش 90° و عمق کار ۲۵ cm) انتخاب مطلوب‌تری است (جدول ۲). این مسئله یک تناقض در انتخاب عمق کار و زاویه نفوذ مناسب برای ادوات خاک‌ورز را به همراه دارد. از طرفی نیروی کششی کاهش



شکل (۲): اثر عرض تیغه و عمق کار بر مقدار نیروی کششی ابزار باریک خاک ورز در سه زاویه نفوذ متفاوت



شکل (۳): اثرات عمق کار و زاویه نفوذ ابزار بر پروفیل شیار ایجاد شده توسط تیغه خاک ورز ۳ سانتی‌متری

جدول (۱): تجزیه واریانس پارامترهای نیروی کششی، سطح مقطع خاک بهم خورده و بازده نیروی کششی

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی		منابع تغییرات
بازده کششی	مساحت بهم خوردگی	نیروی کششی		
۸۲۹/۹۹۴*	۰/۰۲۱*	۱/۳۳۷*	۲	عمق
۱۳۹۳/۰۵۳*	۰/۰۰۱*	۰/۷۷۷*	۲	زاویه
۱/۸۰۴ ^{NS}	۰/۰۰۱*	۰/۸۷۲*	۱	عرض
۲۱/۳۸۳*	۰/۰۰۰۰۸*	۰/۲۵۱*	۲	برهم کنش عمق - عرض
۵۶/۲۹۷*	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۲۶۹*	۴	برهم کنش عمق - زاویه
۱۶/۳۷۲*	۰/۰۰۰۰۴*	۰/۰۵۶*	۲	برهم کنش عرض - زاویه

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

NS: عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول (۲): مقایسه میانگین در تیمارهای عمق و زاویه تیغه

میانگین			تیمار*
بازده کششی	مساحت بهم خوردگی	نیروی کششی	
۴۱/۱۷۰a	۰/۰۱۴h	۰/۰۳۴a	R ₁ d ₁
۲۹/۲۴۵b	۰/۰۴۸f	۰/۱۹۱d	R ₁ d ₂
۲۰/۷۱۰d	۰/۰۷۴c	۰/۲۹۲e	R ₁ d ₃
۲۶/۹۵۰c	۰/۰۱۶h	۰/۰۹۸b	R ₂ d ₁
۱۶/۷۰۰e	۰/۰۵۲e	۰/۳۲۶f	R ₂ d ₂
۱۴/۳۴۰f	۰/۰۷۹b	۰/۵۸۴h	R ₂ d ₃
۱۷/۲۳e	۰/۰۲g	۰/۱۴۱c	R ₃ d ₁
۱۱/۱۲g	۰/۱۶d	۰/۵۶۷g	R ₃ d ₂
۱/۵gg	۰/۱۰۰a	۱/۱۳۳i	R ₃ d ₃

* میانگین هر ستون که دارای حروف مشابه اند، اختلاف معنی دار ندارند (آزمون دانکن ۵٪).

R₁ زاویه برش ۶۰ درجه
 R₂ زاویه برش ۷۵ درجه
 R₃ زاویه برش ۹۰ درجه
 d₁ عمق ۱۰ سانتی متر
 d₂ عمق ۲۰ سانتی متر
 d₃ عمق ۲۵ سانتی متر

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به دو متغیر عرض و عمق کار، نشان از افزایش نیروی کششی و مساحت بهم خوردگی خاک با پهن تر شدن تیغه دارد. دلیل این اتفاق، بیشتر شدن سطح درگیر تیغه با خاک بوده که نیروی بیشتری نیز برای برش و حرکت دادن تیغه عریض تر در خاک مورد نیاز است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که برای داشتن کمترین نیروی کششی، تیمار d₁w₂ (عرض تیغه ۳ cm و عمق کار ۱۰ cm) بایستی انتخاب گردد و برای بدست آوردن بیشترین سطح بهم خوردگی تیمار d₃w₁ (عرض تیغه ۶ cm و عمق کار ۱۰ cm) انتخاب بهتری می‌باشد.

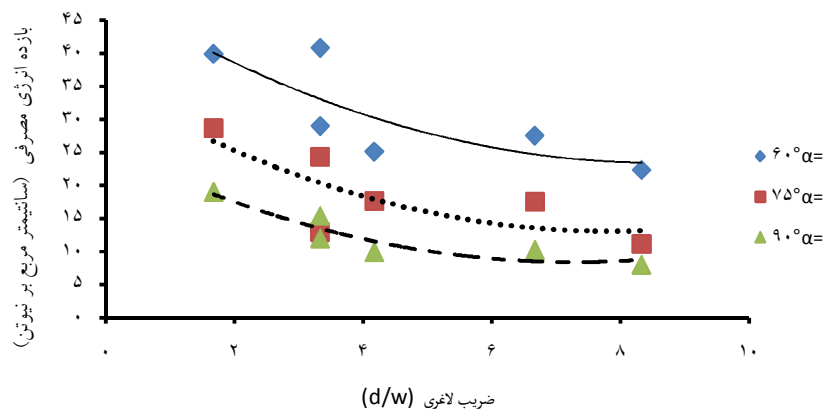
در اغلب عملیات خاک ورزی نیروی مقاوم کششی کم با مساحت بهم خوردگی زیاد مطلوب می‌باشد که تیمار d₁w₁ (عرض تیغه ۶ cm و عمق کار ۱۰ cm) می‌تواند بهترین انتخاب می‌باشد (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین‌ها مربوط به دو متغیر زاویه نفوذ و عرض تیغه نشان داد که کمترین نیروی کششی هنگامی اتفاق می‌افتد که عرض تیغه کم (۳ سانتی متر) و زاویه ابزار نیز در کمترین (۶۰ درجه) مقدار خود قرار دارد. همچنین بیشترین مقدار به هم خوردگی خاک مربوط به عرض تیغه بزرگتر (۶ سانتی متر) و زاویه ابزار بزرگتر (۹۰ درجه) می‌باشد (جدول ۴). افزایش عرض تیغه به تنهایی باعث افزایش نیروی کششی و مساحت به هم خورده خاک بطور معنی داری می‌گردد، اما با توجه به تعریف بازده انرژی مصرفی، افزایش عرض تیغه از ۳ به ۶ سانتی متر تاثیر معنی داری بر این پارامتر نداشته است. می‌توان دلیل این پدیده را از آنجا دانست که صورت و مخرج این شاخص با یک نسبت ثابت افزایش می‌یابد که در نهایت بر مقدار بازده انرژی مصرفی تاثیر نداشته است.

نتایج نشان داد که بهترین انتخاب برای استفاده از ادوات خاک ورز باریک ترکیب R_1W_1 (زاویه نفوذ ۹۰ و عرض ۶ سانتی‌متر) و R_1W_2 (زاویه نفوذ ۹۰ و عرض ۳ سانتی‌متر) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. همچنین نتایج نشان داد که دو تیمار R_2W_1 (زاویه نفوذ ۷۵ و عرض ۶ سانتی‌متر) و R_2W_2 (زاویه نفوذ ۷۵ و عرض ۳ سانتی‌متر) در یک گروه قرار گرفته‌اند که بیانگر این نکته است که تغییرات عرض تیغه بر مقدار بازده انرژی مصرفی در زاویه نفوذ ۹۰ و ۷۰ درجه معنی‌دار نبوده است (جدول ۴). همانگونه که جدول تجزیه واریانس نشان داد عرض تیغه اثر معنی‌داری بر بازده نیروی کششی ندارد. دلیل این مسئله این است که اختلاف بین دو عرض مورد بررسی کوچک می‌باشد و این اختلاف کم، اثرات پهنای تیغه را به خوبی نشان نخواهد داد. با توجه به این مسئله، روند تغییرات بازده انرژی مصرفی نسبت به ضریب لاغری (d/w) مورد بررسی گرفت (شکل ۴). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ضریب لاغری (شاخص رعنائی) بازده انرژی مصرفی کاهش می‌یابد به عبارتی تیغه‌های پهن بازده انرژی مصرفی بالاتری دارند. این روند تغییرات در هر سه زاویه قابل مشاهده است. بنابراین از نتایج کاربردی این تحقیق می‌توان توصیه نمود که مستقل از مقدار زاویه نفوذ ابزار، توصیه می‌شود که در هنگام کار با ادوات باریک (ضریب رعنائی بزرگتر از ۱)، تیغه‌های با شاخص رعنائی کمتر (تیغه پهن) انتخاب گردد.

گادوین (۲۰۰۷) نشان داد که افزایش عرض تیغه در ادوات خیلی باریک خاک ورزی (کمتر از ۳ سانتی‌متر) اثر معناداری بر افزایش نیروی کششی دارد و برای تیغه‌های بزرگتر از ۳ تا ۶ سانتی‌متر تاثیر پهنای تیغه کمتر می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که در عمق‌های بیشتر (۲۵ cm)، افزایش عرض تیغه اثر معنی‌داری بر مقدار بازده انرژی مصرفی نداشته است و هر دو تیمار d_3W_1 (عرض تیغه ۶ و عمق کار ۲۵ cm) و d_3W_2 (عرض تیغه ۳ و عمق کار ۲۵ cm) در یک گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۳). دلیل این مسئله این است که در عمق سوم، افزایش نیروی مقاوم کششی تیغه نسبت به عمق دوم درصد کمی افزایش داشته است، همزمان پهن تر شدن تیغه نیز باعث افزایش درصد کمی در مساحت خاک به هم خورده شده است که در نهایت افزایش‌های تقریباً یکسان در نیرو و مساحت به هم خورده، باعث شده که بازده انرژی مصرفی تغییر معنی‌داری برای دو تیغه با عرض مختلف نداشته باشد. این مسئله مشخص می‌نماید که در عمق ۲۵ سانتی‌متری بازده هر دو تیغه یکسان است بنابراین می‌توان تیغه‌ای را انتخاب کرد که به نیروی کششی کمتری نیاز داشته باشد (تیغه ۳ سانتی‌متری).

مقایسه نتایج مربوط به دو متغیر زاویه نفوذ و عرض تیغه نشان داد که بالاترین مصرف نیرو مربوط به تیمار R_3W_1 (زاویه نفوذ ۹۰ و عرض ۶ cm) می‌باشد. کمترین مساحت بهم‌خوردگی نیز مربوط به تیمار R_1W_2 (تیغه با عرض ۳ سانتی‌متر و زاویه نفوذ ۶۰ درجه) می‌باشد.



شکل (۴): تغییرات بازده انرژی مصرفی نسبت به ضریب لاغری در زوایای مختلف

جدول (۳): مقایسه میانگین در تیمارهای عمق و عرض تیغه

میانگین			* تیمار
بازده کششی	مساحت بهم خوردگی	نیروی کششی	
۲۸/۰۷۶a	۰/۰۲۴e	۰/۰۸۶b	d ₁ W ₁
۲۶/۱۹۰b	۰/۰۱۹f	۰/۰۷۲a	d ₁ W ₂
۱۷/۹۵۳d	۰/۰۶۰c	۰/۴۸۱e	d ₂ W ₁
۲۰/۰۸۷c	۰/۰۵۱d	۰/۲۴۲c	d ₂ W ₂
۱۵/۵۲۷e	۰/۰۹۰a	۰/۹۱۹f	d ₃ W ₁
۱۴/۱۷۵e	۰/۰۷۹b	۰/۴۲۱d	d ₃ W ₂

* میانگین هر ستون که دارای حروف مشابه‌اند، اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون دانکن ۰/۵٪).

d₁ عمق ۱۰ سانتی‌متر d₂ عمق ۲۰ سانتی‌متر d₃ عمق ۲۵ سانتی‌متر
 W₁ عرض تیغه ۶ سانتی‌متر W₂ عرض تیغه ۳ سانتی‌متر

جدول (۴): مقایسه میانگین در تیمارهای زاویه و عرض تیغه

میانگین			* تیمار
بازده کششی	مساحت بهم خوردگی	نیروی کششی	
۲۹/۲۰۷ a	۰/۰۴۸ d	۰/۲۴۸ c	R ₁ W ₁
۳۰/۹۰۳ a	۰/۰۴۳ f	۰/۰۹۷ a	R ₁ W ₂
۱۹/۶۹۳ c	۰/۰۵۳ c	۰/۴۴۸ e	R ₂ W ₁
۱۸/۹۶۷ c	۰/۰۴۶ e	۰/۲۲۴ b	R ₂ W ₂
۱۳/۶۴۷ d	۰/۰۶۷ a	۰/۸۰۳ f	R ₃ W ₁
۱۱/۵۸۰ e	۰/۰۵۶ b	۰/۴۲۵ d	R ₃ W ₂

* میانگین هر ستون که دارای حروف مشابه‌اند، اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون دانکن ۰/۵٪).

۴- نتیجه‌گیری نهایی

هدف از اجرای این تحقیق دستیابی به بهترین ساختار هندسی (زاویه نفوذ، ضریب رعنائی) ادوات خاک ورزی حفاظتی به منظور بهینه‌سازی بازده انرژی مصرفی می‌باشد. نتایج نشان داد کاهش زاویه نفوذ ابزار باریک (تا ۶۰ درجه) و نیز کاهش عمق کار ابزار در صورت امکان بدون توجه به عرض تیغه، باعث افزایش کارایی تیغه از لحاظ حجم خاک به هم خودره بازای واحد انرژی مصرفی می‌گردد. از دیگر نتایج قابل توصیه در این تحقیق، این است که بدون توجه به زاویه نفوذ ادوات چیزل مانند، بایستی

سعی شود که از تیغه‌های با شاخص رعنائی کمتر (تیغه‌های پهن) در هنگام کار استفاده نمود به دلیل اینکه این تیغه‌ها بازده انرژی بالاتری دارند. با وجود تمامی این نتایج، می‌توان به‌طور کلی بیان نمود که ابزار با زاویه نفوذ کوچکتر و ضریب رعنائی کمتر، کارایی بالاتری (از نظر مصرف انرژی) را دارا می‌باشند. ولی انتخاب بهترین حالت برای طراحی و استفاده مناسب از این ابزار، بایستی بر اساس شرایط کاری مانند اهمیت عمق کار و یا در نظر داشتن سطح خاک به هم‌خورده و یا مصرف انرژی پایین، انجام پذیرد.

منابع مورد استفاده

- Abo E., M. R. Hamilton, and J. T. Boyle, 2004. *Simulation of soil blade interaction for sandy soil using advanced 3-D finite element analysis*. Soil & Tillage Research 75: 61-73.
- Desir F. L. 1981. *A field evaluation of the wedge approach to the analysis of soil cutting by narrow blades*. M.Sc, Thesis, McGill Univ., Montreal, Quebec: 245 pp.

- Ehrhardt, J. P., R. D. Grisso, M. F. Kocher, P. J. Jasa, and J. L. Schinstock. 2001. *Using the veris electrical conductivity cart as a draft predictor*. ASAE Paper No. 011012 at Sacramento Convention Center, Sacramento, CA, July, 29-August.
- Godwin, R. J. 2007. *A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces*. Soil & Tillage Research 97: 331-340.
- Hatirli S. A., and K. Ozkan Band Fert. 2005. *An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9: 608-623.
- Kheiralla, F. A., A. Yahia, and W. ZohadieMand Ishak. 2004. *Modelling of power and energy requirements for tillage implements operating on Serdang sandy clay loam, Malaysia*. Soil & Tillage Research 78: 21-34.
- Mamman, E., and K. C. Oni. 2005. *Draught performances of a range of model chisel furrowers*. Agricultural Engineering International Journal 2:57-68.
- Manian, R., V. R. Rao, and K. Kathirvel. 2000. *Influence of operating and disk parameter on performance of disk tools*. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America 31 (2): 19-26.
- Manuwa, S. I. 2009. *Performance evaluation of tillage tines operating under different depths in a sandy clay loam soil*. Soil & Tillage Research, 103: 399-405.
- Manuwa, S. I., and O. C. Ademosun, 2007. *Draught and soil disturbance of model tillage tines under varying soil parameters*. Agricultural Engineering Journal 4: 75-82.
- McLaughlin, N. B., and A. J. Campbell. 2004. *Draft-speed-depth relationships for four liquid manure injectors in a fine sandy loam soil*. Canadian Biosystem Engineering 46 (2): 1-25.
- Rahman, S., and Y. Chen. 2001. *Laboratory investigation of cutting forces and soil disturbance resulting from different manure incorporation tools in a loamy sand soil*. Soil & Tillage Research 58: 19-29.

Evaluation of Energy Requirements and Soil Disturbance in Conservation Tillage Tools

P. Ahmadi Moghaddam^{1*} and L. Cheraghi¹

Received: 26 Jan 2013

Accepted: 22 Jun 2014

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Agricultural Faculty of Urmia University

*Corresponding author: p.ahmadi@urmia.ac.ir

Abstract

Increasing of energy consumption in the developing agriculture reveals necessity of optimizing the operation tools used in this sector. The objective of the present research is studying the interaction of narrow tillage tines and soil to reach the optimum geometric shape in order to raise the yield of energy consumption. This research was performed in a soil bin with factorial experiments in a completely randomized format with three iterations. Testing treatments were tillage depth (10, 20 and 25 cm), rake angle (60, 70 and 90°) and blade width (3 and 6 cm) and studied parameters were draft force, soil disturbance area and specific draft force. The results showed that depth and rake angle have significant influences on the amount of draft resistant force, soil disturbance area and specific draft force ($p < 0.01$). Also blade width influenced draft resistant force and soil disturbance area significantly, but it did not have significant impact on the amount of specific draft force. The comparison of averages revealed that the combination of 25 cm depth with 90° rake angle provides superlative soil disturbance. However, it needs maximum amount of draft force. Also, consequences showed that the best combination, in order to decrease the specific draft force, is the use of wider blades (6 cm) with smaller rake angle (60°) and less working depth (10 cm).

Keywords: Conservation tillage, Draft resistant force, Soil bin, Specific draft force.