DOI: 10.22059/ijbse.2020.295901.665265 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص۷۵۶-۷۴۹)

Effect of Forward Speed, Working Depth and Overlay Parameters of Cultivator Tillage on Power Consumption and Draft Force

MASOUM SALAHLOO[1], BEHZAD MOHAMMADI ALASTI[1*], AREF MARDANI[2], MAHDI ABBASGHOLIPOUR[1]

1. Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Bonab branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.
2. Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran.

(Received: Feb. 23, 2020- Revised: May 8, 2020- Accepted: May 22, 2020)

ABSTRACT

Most of the agricultural costs during tillage are related to providing the necessary traction for tillage. In this study, the power consumption during the speed levels, depth of work and overlap of a tillage tine was investigated. The experiment was performed in a soil bin at three speed levels of 0.5, 1.2 and 2 m / s for three depth levels of 10, 20 and 30 cm with width interval of 0, 10 and 20 cm of tillage tine. Statistical analysis of the data showed that the effect of speed on draft force at two levels of 20 and 30 cm depth at 5% level was significant and at 10 cm depth was not significant. Also, the effect of work depth at 5% on draft force at all levels of overlap was significant. Conical index changes at depths less than 10 cm are negligible for different levels. The effect of depth on draft force was observed in exponential form. Also, the reduction in power consumption in the overlap has been observed more.

Keywords: Power Consumption, Tillage Tine, Draft Force, Transverse overlap, Forward Speed, Working Depth.

* Corresponding Author's Email: Behzad.alasti@gmail.com

بررسی اثر سرعت پیشروی، عمق کار و همپوشانی شاخه خاک‌ورز بر توان مصرفی و نیروی کشش

معصوم صلاحلو[۱]، بهزاد محمدی الستی[*۱]، عارف مردانی[۲]، مهدی عباسقلی پور[۱]

۱.گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران.

۲.گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۴- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۱۹- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۳/۲)

چکیده

بیشتر هزینه‌های کشاورزی طی خاک‌ورزی مربوط به تأمین نیروی لازم جهت خاک‌ورزی است. در این پژوهش بررسی توان مصرفی طی سطوح سرعت ، عمق و هم‌پوشانی شاخه خاک‌ورز انجام گرفت. آزمایش در انباره خاک در سه سطح سرعت ۰/۵، ۱/۲ و ۲ متر بر ثانیه برای سطوح عمق ۱۰ ،۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر با فاصله عرضی ۰، ۱۰و ۲۰ سانتی‌متر شاخه خاک‌ورز انجام شد. بررسی آماری داده‌ها نشان داد اثر سرعت بر نیروی کشش در دو سطح عمق ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر در سطح ۵٪ معنی دار و در عمق ۱۰ سانتی متر معنی دار نمی‌باشد. عمق کار در سطح ۵٪ بر نیروی کشش در همه سطوح هم پوشانی معنی‌دار است. تغییرات شاخص مخروط در عمق کمتر از ۱۰ سانتی‌متر برای سطوح مختلف ناچیز است. تاثیر عمق بر مقاومت کششی تیغه به صورت نمایی مشاهده شد. همچنین کاهش توان مصرفی در هم‌پوشانی بیشتر مشاهده شده است.

واژه‌های کلیدی: توان مصرفی، شاخه خاک‌ورز ، نیروی کششی، هم پوشانی عرضی، سرعت پیشروی، عمق کار.

مقدمه

طی ظهور کشاورزی دقیق و ورود فناوری در صنعت کشاورزی، عملیات مزرعه تسهیل و تسریع یافته اما فرآیندها تخصصی‌تر و هزینه های تمام شده محصولات کشاورزی افزایش پیدا کرده است. محققان برای کاهش هزینه‌های تمام شده، پیوسته رفتارهای ماشین ها و ادوات کاربردی در مزرعه را مورد بررسی قرارداده اند (O'Brien & Daigh, 2019; Hernanz et al., 2002)

در این راستا همواره افزایش توان ، بازده و ظرفیت مزرعه‌ای ادوات و خاک‌ورزها مورد ارزیابی می‌باشد تا عوامل منفی تاثیرگذار شناسایی و با بازمهندسی اقدام به طراحی و رفع نواقص گردد و یا این‌که تنظیمات مؤثر ماشین در هنگام کار به کاربران این ادوات منتقل گردد.

محققان به این نتیجه رسیدند از مراحل سه گانه عملیات زراعی، بیشترین هزینه ها در بخش خاک‌ورزی جهت تامین انرژی لازم برای نیروی محرکه متمرکز است (Jalali *et al.*,2015). از این رو با توجه به نقش بخش کشاورزی درتوسعه اقتصادی کشور، اهمیت نهاده انرژی در توسعه این بخش و بررسی میزان مصرف حامل های انرژی در بخش کشاورزی و مقایسه آن با سایر بخش های اقتصادی الزامی میباشد. نیروی کشش نشان دهنده مقدار نیروی مورد نیازی است که از سوی ماشین های کشاورزی در اثر صرف نهاده های انرژی به ادوات خاک‌ورزی وارد می‌شود. از این رو تاثیرات سایر پارامترها مانند سرعت پیشروی و عمق خاک‌ورزی در ادوات مختلف بر نیروی کشش مورد ارزیابی می‌باشد.

خاک‌ورزی یک عمل زمان بر و هزینه بر است که با استفاده از برنامه عملیات زراعی مدیریت شده می‌توان به میزان قابل توجهی در مصرف سوخت، انرژی و زمان صرفه جویی نمود (Jalali *et al.*,2015).

پارامترهای سرعت پیشروی و عمق شخم در عملیات خاک‌ورزی دارای اهمیت قابل توجهی بوده و جزء فاکتورهای تاثیر گذار در کیفیت خاک‌ورزی، میزان بازده کششی، افزایش ظرفیت مزرعه ای ماشین و مصرف سوخت ماشین‌ها در مزرعه به شمار می‌روند. در تحقیق دیگری برای مقایسه آماری مقدار مقاومت کششی و مصرف سوخت سه نوع تیغه کولتیواتور در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی مورد آزمایش قرار گرفت (Abbaspour *et al.*,2017). نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیرات نوع تیغه ، سرعت پیشروی وعمق کار بر مقاومت کششی و میزان مصرف سوخت در سطح احتمال یک درصد معنی داراست.

تاثیر عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی بر نیروی کشش خاک‌ورز طی پژوهش‌های دیگری مورد ارزیابی قرار گرفته و گزارش شده است که نیروی کشش برای شاخه‌های خاک‌ورز

* نویسنده مسئول: Behzad.alasti@gmail.com

چیزل با افزایش سرعت پیشروی و عمق کارافزایش می یابد (Al-Suhaibani & Ghaly, 2010; Sahu & Raheman, 2006)

بررسی اثر سامانه‌های خاک‌ورزی بر مدت زمان اجرای شخم، میزان مصرف سوخت، و انرژی در تحقیق دیگری نشان داده است که طی به‌کارگیری کولتیواتور به جای گاوآهن، مدت زمان عملیات شخم کوتاه تر است و انرژی مصرفی بیش از ۵۰ درصد کاهش می یابد (Moitzi *et al.*,2013).

همین محققین در پژوهش دیگری به بررسی اثر لغزش چرخ و تاثیر عمق کار بر مصرف سوخت ماشین خاک‌ورز پرداختند و نشان دادند که افزایش عمق کار و لغزش چرخ موجب افزایش سوخت و کاهش عملکرد ظرفیت مزرعه ای شده است (Moitzi *et al.*,2014). بررسی دیگری حاکی از آن است که میزان مصرف سوخت به نوع ادوات، عمق خاکورزی و میزان رطوبت خاک بستگی دارد (Sessiz *et al.*, 2008).

از نظر میزان مصرف انرژی در عملیات خاک‌ورز ی ، همین محققین بر این باورند که اگر در انتخاب نوع عملیات خاکورزی دقت شود، می‌توان تا ۸۰ درصد در مصرف سوخت و ۶۰ درصد در زمان انجام عملیات صرفه جویی نمود (Sessiz *et al.*, 2008).

طی بررسی دیگری، نتایج حاکی از آن است که خاک‌ورزی حفاظتی۱/۵ تا ۲ برابر کمتر از خاک‌ورزی مرسوم سوخت مصرف می‌نماید (Filipovic *et al.*, 2006) . با مدیریت صحیح خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیر، به میزان ۵۰ درصد مصرف سوخت کاهش می‌یابد (Fulton et al., 1996). با ورود دینامومترهای تراکتوری پژوهشگران بیشتر به اندازه گیری مقاومت کششی خاک‌ورز ها پرداختند (Grisso *et al.*, 1996; Al-Suhaibani & Ghaly, 2013)

ادوات خاک‌ورزی اصلی‌ترین مصرف کننده انرژی مکانیکی در تولید محصولات زراعی می باشند؛ بر این اساس محاسبه نیازهای توانی این ادوات حائز اهمیت است. یکی از روش‌های مورد توجه محققین در محاسبه توان موردنیاز ماشین‌های خاک‌ورزی، توسعه مدل‌های تئوری پیش بینی نیازهای نیرویی ادوات خاک‌ورزی است (Ahmadi, 2016).

در تحقیق دیگری، اثرات چهار نوع وسیله خاکورزی شامل گاوآهن برگردان دار، دیسک سنگین، گاو آهن قلمی و خاکورز مرکب (کم خاک ورزی) بر میزان توان و سوخت مورد نیاز مورد بررسی قرار گرفته است (Elmuti & Sharifi, 2012). آنها به این نتیجه رسیدند که شخم با خاکورز مرکب نسبت به گاوآهن برگردان دار، باعث افزایش مقدار مواد آلی موجود در خاک، کاهش مصرف سوخت و کاهش توان مورد نیاز برای انجام خاک‌ورزی گردید. مقایسه روش مرسوم خاک‌ورزی با گاو آهن قلمی کاهش حدود ۴۰ درصد میزان سوخت و زمان عملیات قبل از کاشت را نشان می دهد (Bonari *et al.*, 1995). نتایج مقایسه با روش مرسوم در شرایط کم خاک‌ورزی طی همین پژوهش نشان داد، با وجود عدم تفاوت در میزان محصول، زمان انجام کار، مصرف سوخت، انرژی و هزینه مورد نیاز در حدود ۵۵ درصد کاهش می‌یابد.

طبق بررسی ها با افزایش سرعت خاک‌ورزی، مصرف سوخت در واحد سطح کاهش می یابد ولی با افزایش عمق خاکورزی، افزایش می یابد. استفاده از تراکتور با توان بیشتر از مقدار مورد نیاز، باعث افزایش میزان مصرف سوخت می‌گردد. طی نتایج بررسی مشابهی، با توجه به اهمیت تاثیر فاکتورهای سرعت و عمق خاک‌ورزی بر عملکرد انواع خاک‌ورزها، فاکتورعمق خاک‌ورزی در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر و فاکتور سرعت خاک‌ورزی در چهار سطح ۶-۸-۱۰-۱۲ کیلومتر بر ساعت، مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد با افزایش سرعت به دلیل انجام سریع عملیات در واحد سطح، مصرف سوخت در واحد سطح کاهش پیدا کرد. همچنین با افزایش عمق خاک‌ورزی به دلیل افزایش مقاومت کششی و استفاده از توان بیشتر برای غلبه بر مقاومت خاک، مصرف سوخت افزایش پیدا نمود (Jalali et al., 2015).

پژوهش دیگری حاکی از آن بوده که با افزایش عمق خاک‌ورزی به دلیل افزایش کشش، مصرف سوخت افزایش می‌یابد (Darabi,2011). نتایج این تحقیق در برخی گزارش‌های دیگر نیز تایید شده است (Helsel, 2007).

تعدد پارامترهای تاثیرگذار بر عملکرد شاخه‌های خاک‌ورز مانند نیروی کششی و همچنین عملکرد خاک‌ورز از نظر کیفیت گسیختگی خاک باعث شده است محققین نتوانند به‌طور همزمان تعداد زیادی از این متغیرها را مورد ارزیابی قرار دهند. ترکیب شامل سرعت پیشروی، عمق کار خاک‌ورز و میزان همپوشانی تیغه‌ها در مطالعات پیشین کمتر دیده شده است و از سویی ارزیابی توان مصرفی و انرژی مورد نیاز تیغه‌ها با توجه به حساسیت مقوله انرژی حائز اهمیت است. در این پژوهش سعی شده است ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم برخی پارامترها در تخمین توان مصرفی شاخه خاک‌ورز مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این کار با انجام آزمون‌هایی تجربی در محیط انباره خاک و استخراج و بررسی داده ها به کمک روش های اندازه گیری مستقیم و تحلیل ابعادی به برآورد نیازهای توانی شاخه‌های چیزل اقدام شده است.

مواد و روش ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه ترامکانیک دانشگاه ارومیه در محیط انباره خاک انجام شده است. انباره خاک مورد استفاده دارای ۲۳ متر طول مفید، عرض دو متر و توان کشنده ۳۰ اسب بخار با قابلیت تامین سرعت‌های مختلف جهت حرکت حامل انباره خاک می باشد. شکل ۱ مجموعه انباره خاک به‌کار رفته در پژوهش را نشان میدهد.

شکل۱- انباره خاک به‌کار رفته در پژوهش

خاک مورد مطالعه در کانال خاک انباره خاک از نوع لومی رسی با مشخصات جدول ۱ بوده است.

آزمایش‌ها با استفاده از یک شاخه خاک‌ورز با عرض تیغه ۵ سانتی متر و عمق بیشینه ۳۰ سانتی‌متر مطابق شکل ۲ انجام شده است. مقدار نیروی وارده بر شاخه در حین کار با استفاده از یک لودسل و مجموعه داده برداری نصب شده بر روی کشنده انباره خاک در طول انجام هر آزمایش اندازه گیری و توسط یک دیتالاگر ثبت شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک انباره خاک

عنوان	مقدار متوسط
شن	٪ ۳۵
سیلت	٪ ۲۲
رس	٪ ۴۳
وزن مخصوص	۲۶۳۰ kg cm-3
زاویه اصطکاک داخلی	۳۲ درجه

شکل ۲- شاخه خاک‌ورز و لودسل و مجموعه داده برداری

به منظور انجام آزمایش‌ها، ابتدا خاک داخل کانال با استفاده از دنباله بندهای ویژه انباره خاک و توسط کشنده آن آماده سازی شده است که شامل نرم کن خاک، تسطیح و غلطک‌زنی خاک است.

شکل ۳- مراحل فرآوری و آماده‌سازی خاک در انباره خاک

آزمون‌ها شامل سه سطح سرعت پیشروی, سه سطح عمق کار و سه سطح فاصله عرضی شاخه‌ها از یکدیگر بوده است. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است. آماده سازی خاک برای کلیه آزمایش‌ها در یک مرحله و به صورت شرایط یکسان خاک و مشابه صورت پذیرفته است. سرعت پیشروی با استفاده از تابلو فرمان انباره خاک تنظیم شده است. سطوح مختلف عمق کار با جابجایی اتصالات خاک‌ورز به کشنده انباره خاک در بعد عمودی فراهم شده است. جهت ارزیابی اثر همپوشانی عملکرد شاخه‌های خاک‌ورز با یکدیگر علاوه بر حرکت شاخه در مسیر اصلی، دو عبور دیگر در طرفین آن ودر فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر انجام شده است. جهت بررسی میزان گسیختگی خاک توسط تیغه در ترکیبات مختلف تیماری, از یک پنترومتر دیجیتالی مدل Rimik-cp20 در محدوده عمق ۰-۳۰ سانتیمتر استفاده شده است. عملیات نفوذ سنجی در عرض کار تیغه ودر فواصل ۵ سانتی‌متری از یکدیگر تا عمق ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفته است. در نهایت داده های حاصل از انجام آزمون‌ها شامل مقدار نیروی کششی و داده های مربوط به نفوذ سنجی، آماده و در محیط نرم افزارهای Excel و SPSS جهت بررسی آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی آماری داده ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل و برای سطوح سه گانه سرعت، عمق و همپوشانی صورت گرفته است.

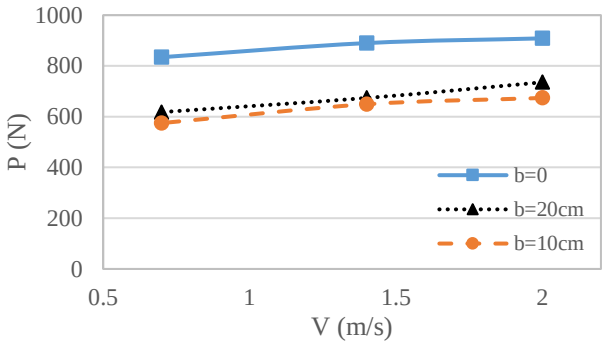
بحث و نتایج

بررسی اثر سرعت پیشروی بر نیروی کششی

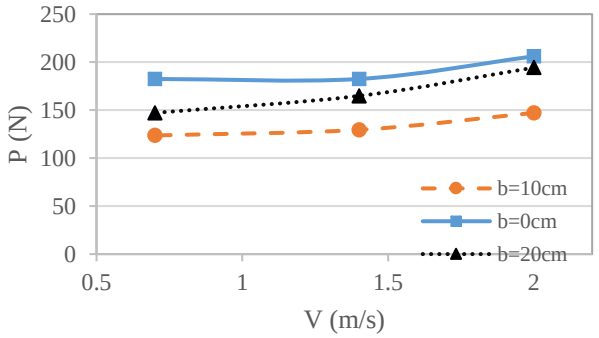
براساس نتایج به‌دست آمده، اثر سرعت پیشروی بر مقاومت کششی ابزار خاک‌ورز در سطوح مختلف عمق کار و همچنین میزان هم‌پوشانی در قالب یک اثر افزایشی مشاهده شده است. افزایش نیروی کشش در عمق ۳۰ سانتیمتر طی افزایش سرعت پیشروی مشهودتر است. نمودار شکل‌های ۴، ۵ و ۶ اثر سرعت پیشروی بر نیروی کششی را برای عمق‌های مختلف نشان داده است. در این نمودارها، b و d به ترتیب، فاصله عرضی تیغه‌ها و عمق کار تیغه‌ها است. در رابطه با عمق ۱۰ سانتی‌متر تاثیر سرعت پیشروی بر نیروی کشش چندان محسوس دیده نشده است که به گونه‌ای بیانگر آن است که در عمق‌های سطحی خاک با توجه به نرم بودن نسبی خاک ایجاد گسیختگی در خاک چندان تحت تاثیر سرعت حرکت تیغه نیست.

بررسی آماری داده‌های نیروی کششی بر حسب سرعت پیشروی حاکی از آن بوده است که در سطح ۵٪، سرعت پیشروی در دو سطح عمق کاری ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر اثر معنی‌داری بر نیروی کششی خاک‌ورز داشته است ولی در سطح عمق کار ۱۰ سانتی متر معنی دار نمی باشد. به نظر می رسد با توجه به نرم تر بودن خاک در سطح و کم تر شدن نیروی لازم برای کشیدن ابزار، افزایش سرعت پیشروی چندان تاثیری بر تغییر نیروی کششی ندارد. در هر نمودار سه سطح همپوشانی نیز در نظر گرفته شده است.

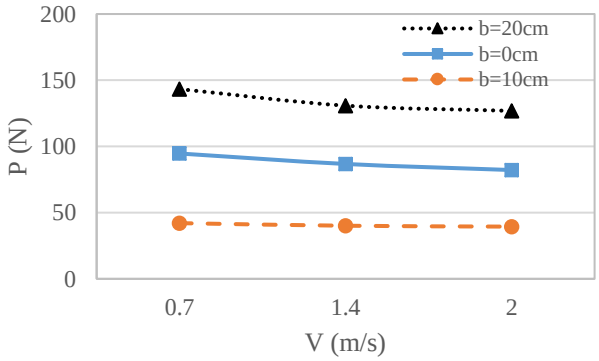
جدول۲ نتایج تجزیه واریانس داده ها را بر مبنای آزمایش فاکتوریل برای سطوح مختلف سرعت پیشروی، هم پوشانی و عمق کار نشان داده است.



شکل ۴- اثر سرعت پیشروی بر نیروی کششی در عمق۳۰ سانتی متر



شکل ۵- اثر سرعت پیشروی بر نیروی کششی در عمق۲۰ سانتی‌متر



شکل ۶- اثر سرعت پیشروی بر نیروی کششی در عمق۱۰ سانتی متر

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس داده ها

عنوان	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
عمق کار	**۱/۸۵**	**۲**	**۱/۴۳**	**۱۰۸۱/۰۴***
سرعت پیشروی	۰/۷۵	۲	۰/۳۶	۵۷۵/۸۲*
هم پوشانی	**۱۸/۳۳**	**۲**	**۹/۱۶**	**۶۹۴۴/۳۹***

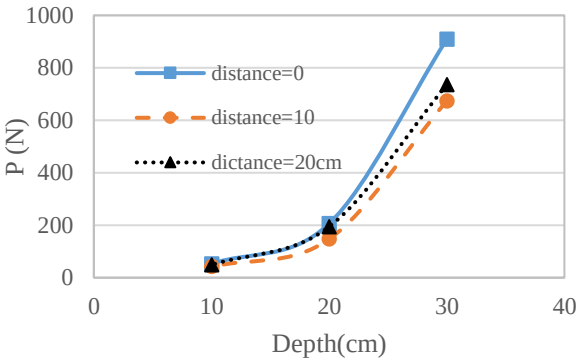
*معنی دار در سطح احتمال ۱٪

ارزیابی اثر عمق کار بر نیروی کششی

شکل ۷ نمودار مربوط به تاثیر افزایش عمق کار بر نیروی کششی ابزار را نمایش داده است. این تغییرات بر حسب سطوح سه گانه هم پوشانی (مسیر اصلی حرکت، فاصله ۱۰ سانتی‌متری و ۲۰ سانتی‌متری از مسیر اصلی) مشخص شده است. مبتنی بر نتایج تجزیه واریانس، در همه سطوح هم پوشانی، اثر عمق کار بر کشش معنی دار بوده است. اثر افزایش نیروی کششی شاخه های خاک‌ورز طی زیاد شدن عمق در منابع مختلف گزارش شده است.

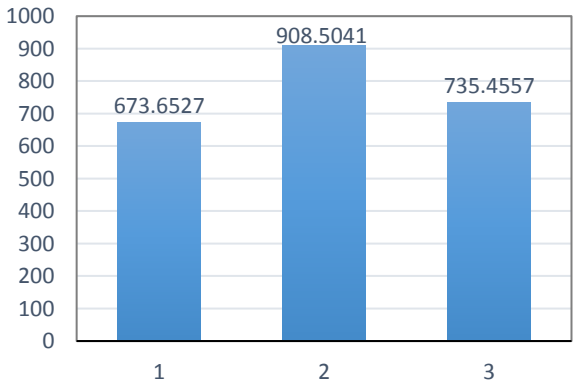
تاثیر پارامترهای عمق کار و سرعت پیشروی در قالب یک تاثیر مستقیم در مطالعات مک کیز گزارش شده است. همچنین

(Reece,1965) مدلی را برای اثر پارامترهای سرعت پیشروی و عمق کار در کنار برخی پارامترهای دیگر ارائه کرده است که مبنتی بر معادله عمومی خاک برداری و مطالعات است. در رابطه با اثر فاصله عرض تیغه ها بر توان مصرفی خاک‌ورزها در سطوح مختلف سرعت و عمق کار گزارش‌های مشابهی در پژوهش‌های دیگر ارائه شده است (Terzaghi,1943) .

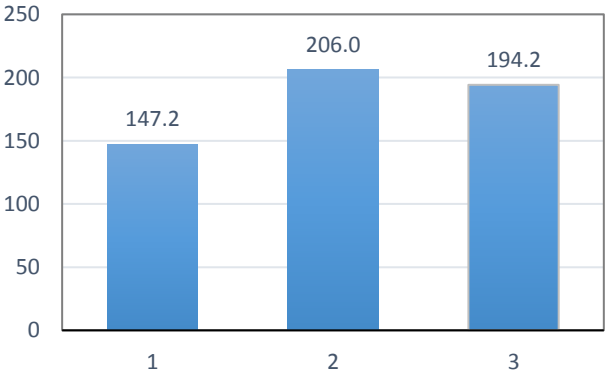


شکل۷- نمودار مربوط به تاثیر عمق کار بر نیروی کششی

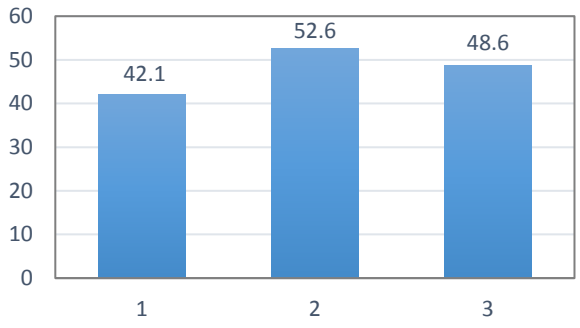
براساس تغییر مقدار هم پوشانی تیغه با تیغه مجاور، شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ تغییرات نیروی کششی را بر حسب نوع آرایش عرضی تیغه‌ها طی آزمایشات انجام شده نشان داده است.



شکل۸- تغییرات نیروی کششی (N) در عمق کاری ۳۰ سانتی متر

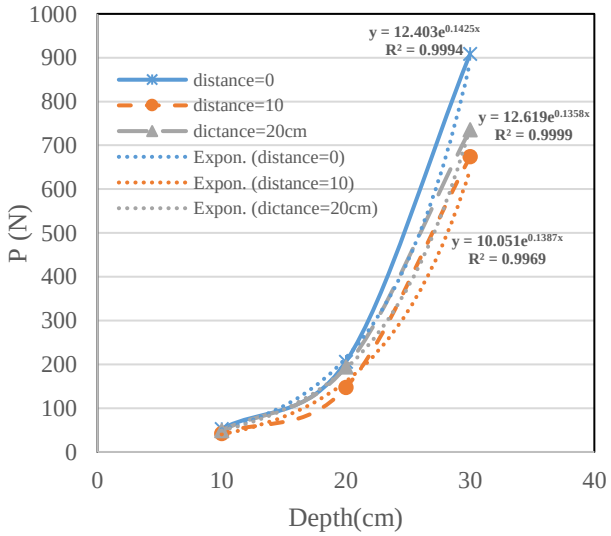


شکل۹- تغییرات نیروی کششی (N) در عمق کاری ۲۰ سانتی متر



شکل۱۰- تغییرات نیروی کششی (N) در عمق کاری ۱۰ سانتی متر

نمودارهای مربوط به اثر عمق کار نشان می دهد تا عمق ۲۰ سانتی متر، افزایش نسبی نیروی کششی ملاحظه می‌گردد و در عمق ۲۰ سانتی‌متر در حدود ۳-۴ برابر مقدار خود نسبت به عمق ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شده است. این در حالی است که افزایش عمق تا ۳۰ سانتی متر به یک‌باره نیروی کششی تیغه را نسبت به عمق ۱۰ سانتی متر تا حدود ۱۸ برابر افزایش داده است. به عبارتی تاثیر عمق کار بر مقاومت کششی تیغه، رفتاری نمایی از خود نشان داده است به گونه ای که در هر سه سطح هم پوشانی، با مقدار R^2 بالایی لگاریتمی بودن این تغییرات قابل مشاهده است. شکل ۱۱ به عنوان نمونه تاثیر نمایی عمق کار بر کشش را نشان داده است.

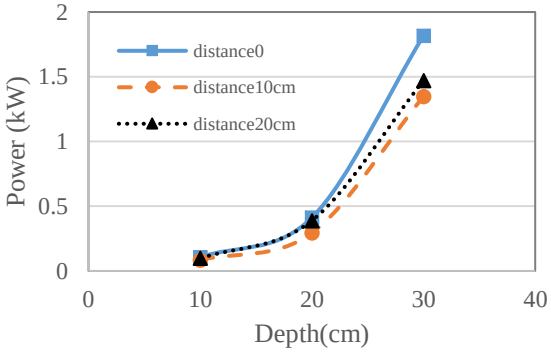


شکل ۱۱- نمونه تاثیر نمایی عمق کار بر کشش

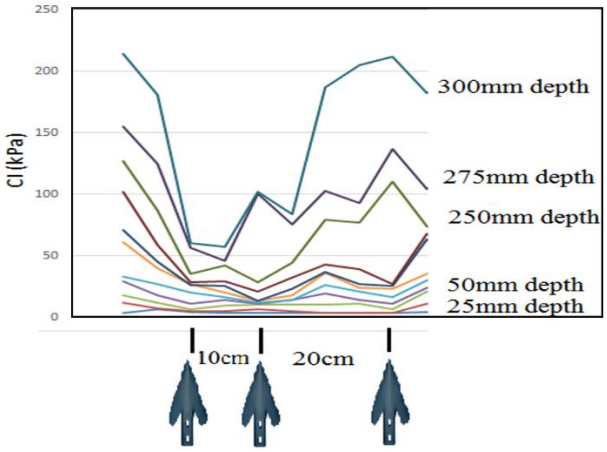
بررسی توان مصرفی شاخه های خاک‌ورز

به منظور بررسی مقدار توان لازم برای کشیده شدن شاخه‌ها در خاک، سطح سرعت پیشروی ۲ $m\ s^{-1}$ به عنوان نمونه در شکل ۱۲ نمایش داده شده است. با توجه به معنی‌داری اثر عمق کار، مقدار نیروی کششی و نسبت مستقیم این نیرو با مقدار توان مصرفی شاخه‌ها، می‌توان یک مدل لگاریتمی برای توان بر حسب

مقدار عمق کار مشاهده کرد. بدیهی است این روند در سایر سطوح سرعت پیشروی هم به گونه ای مشابه خواهد بود.



شکل۱۲- مقدار توان لازم در سرعت پیشروی $2ms^{-1}$



شکل ۱۳- تغییرات مقدار شاخص مخروط خاک در عمق های مختلف

بررسی آرایش عرضی تیغه ها در رابطه با توان مصرفی شاخه ها حاکی از کاهش توان مصرفی در هم پوشانی بیشتر با مسیر اصلی بوده است. شکل ۱۳ تغییرات مقدار شاخص مخروط خاک در عمق‌های مختلف را نشان داده است که برای دو فاصله عرضی ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری تیغه‌ها از یکدیگر ترسیم شده است. نتایج بررسی تغییرات سختی خاک در تمامی سطوح سرعت پیشروی حاکی از آن بوده است که فاصله تیغه ها صرفا در عمق های بالاتر از ۲۰ سانتی‌متر بر نرم تر شدن خاک (کاهش شاخص مخروط) تاثیر داشته است.

نتیجه گیری

در این مطالعه با توجه به اهمیت مقوله خاک‌ورزها از نظر توان مصرفی و عملکرد آن ها بر روی خاک، به بررسی تجربی یک تیغه خاک‌ورز در محیط انباره خاک پرداخته شده است. متغیرهای سرعت پیشروی، عمق کار و مقدار هم پوشانی تیغه‌های مجاور در رابطه با مقدار نیروی کششی و همچنین عملکرد تیغه ها از نظر نرم کردن خاک بر اساس داده های پنترومتر در ترکیبات مختلف تیماری مورد مطالعه قرار گرفته است. مبتنی بر نتایج به دست آمده مقدار هم پوشانی عرضی تیغه ها در سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر در عین حالی که بر مقدار نیروی کششی تاثیر معنی داری داشته است، عملکرد تیغه ها از نظر تغییرات سختی خاک قابل ملاحظه نبوده و به نظر می رسد به منظور کاهش مقدار توان مصرفی ، فاصله عرضی تیغه ها را می‌توان افزایش داد به گونه‌ای که عرض کار کلی دستگاه اضافه گردد. افزایش عمق کار دستگاه به صورت نمایی نیروی کششی و توان مصرفی را زیاد کرده و در رابطه با سطوح سه گانه سرعت پیشروی هم ، اثر معنی دار سرعت پیشروی برکشش و توان مصرفی تنها در عمق های بالاتر از ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شده است. با توجه به تعدد پارامترهای دخیل در عملکرد شاخه‌های خاک‌ورز، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به بررسی اثر متغیرهای مرتبط با نوع خاک و میزان رطوبت و همچنین سطوح مختلف از وضعیت مکانیکی خاک پیش از خاک‌ورزی نیز پرداخته شود. همچنین علاوه بر ارزیابی کشش، بررسی چگونگی تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک و کیفیت گسیختگی خاک نیز قابل پیشنهاد است.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

Abbaspour, G. Fazeli, S. Shahgholi, Gh. & Fazel, Z. (2017). Influence of advance velocity and depth of tillage on fuel consumption and tensile strength. *Systems and Mechanization Research*, 18(68), 71-88. (In Farsi).

Ahmadi, I. (2016). Development of a chisel plow draft force and power calculator based on some mechanical laws. *Iranian Biosystems Engineering*, 47(4), 625-632. (In Farsi).

Al-Suhaibani, S. A. & Ghaly, A. E. (2010). Effect of plowing depth of tillage and forward speed on the performance of a medium size chisel plow operating in a sandy soil. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(3), 247-255.

Al-suhaibani, S. A. & Ghaly, A. E. (2013). Comparative study of the kinetic parameters of three chisel plows operating at different depths and forward speed in a sandy soil. *The international journal of engineering and science (IJES)*, 2(7), 42-59.

Bonari, E. M. Mazzoncini, M. & Peruzzi, A. (1995). Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. *Soil and Tillage Research*, 33, 91-108.

Darabi, Sh. (2011). The Role of Tractor Fuel Consumption for Different Depths and Gears Using a Digital Fuel Gauge .*Conference on New Agricultural Practices*. (In Farsi).

Elmuti, M. Y. & Sharifi, A. (2012). Investigation and determination of the amount of power, fuel

required and some physical properties of soil in several tillage methods. *Journal of Agricultural Machinery*, 2(1), 11-18. (In Farsi).

Filipovic, D. Kosutic, S. Gospodaric, Z. Zimmer, R. & Banaj, D. (2006). The possibilities of fuel saving and the reduction of Co2 emissions in the soil tillage in Croatia Agriculture. *Ecosystems an Environment*, 115(290), 1-4.

Fulton ,J. P. Wells, L. G. Shearer, S. A. & Barnhisel, R. I. (1996). Spatial variation of soil physical properties: a precursor to precision tillage. Presented at the *1996 ASAE Annual International Meeting*, pp. 96-112.

Grisso, R. D. Yasin, M. & Kochar, M. F. (1996). Tillage tool forces operating in silty clay loam. *Transactions of the ASAE*, 39(6), 1977-1982.

Hernanz, J. L. Lopez, R. Navarrete, L. & Sanchez-Giron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structure stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage*, 66, 129-141.

Helsel, Z. R. (2007). Fuel requirements and energy saving tips for field operation. *New Jersey Agriculture Experiment Station*.

Jalali, A. Mahmoudi, A. Valizadeh, M. & Eskandi, I. (2015). Investigating the Effect of Speed and Depth of Conservation Tillage on Field Fuel Consumption. *Agricultural Machinery,* 5(2), 325-335. (In Farsi).

Moitzi, G. Szalay, T. Schuller, M. Wagentristl, H. Refenner, K. Weingartmann, H. Liebhard, P. Boxberge, J. & Gronauer, A. (2013). Effects of tillage systems and mechanization on work time. fuel and energy consumption for cereal cropping in Austria. *Agricultural Engineering International : CIGR Journal*, 15(4), 94-101.

Moitzi, G. Wagentristl, H. Refenner, K. Weingartmann, H. Piringer, G. Boxberger, J. & Gronauer, A. (2014). Effects of working depth and wheel slip on fuel consumption of selected tillage implements. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(1), 182-190.

O'Brien, P .L& . Daigh ,A .L .M. (2019). Tillage practices alter the surface energy balance – A review. *Soil and Tillage Research*, 195, 1-7.

Reece ,A .R١٩٦) .5). The fundamental equation of earth-moving mechanics. In: Proceedings of *the Institution of Mechanical Engineers ,Conference Proceedings*, 179(6) ,pp. ٢٢-١٦.

Sahu, R. K. & Raheman, H. (2006). An approach for draft prediction of combination tillage implements in sandy clay loam soil. *Soil and Tillage Research*, 90(1-2), 145-155.

Sessiz, A. T. Sogut, P. A. & Esgici, R. (2008). Tillage effects on sunflower (Helianthus Annuus, L.) emergence, Yield, Quality, and fuel consumption in double cropping system. *Journal of Central European Agriculture*, 9(40), 697-710.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical soil mechanics. New York: Wiley.