ساخت و توسعه دستگاه خاک‌ورز ارتعاشی و بررسی تأثیر آن بر انرژی مصرفی خاک‌ورزی

بهروز گودرزی[1]، نواب کاظمی[2]، محمد امین آسودار[3]

چکیده

از ۲۵ سال پیش تاکنون میزان مصرف متوسط انرژی در کشاورزی از ۱۷/۴ به ۴۷ /۴ GJ/ha رسیده و این رقم در ایران در حدود GJ/ha ۳۰-۲۵ می‌باشد و ۲۴٪ انرژی کل مصرفی ایران مربوط به بخش کشاورزی است. مصرف روز افزون انرژی به ویژه سوخت های فسیلی درکشاورزی باعث شده تا در کلیه عملیات کشاورزی خصوصاً ماشینی، مدیریت مصرف بهینه انرژی اعمال گردد، لذا ضرورت دارد نسبت به کاهش مصرف انرژی در پرمصرف‌ترین عملیات (که خاک‌ورزی می‌باشد)، اقدام گردد. در این تحقیق اقدام به ساخت یک دستگاه خاک‌ورز ارتعاشی-کششی نموده بطوریکه ارتعاش تیغه از طریق توان الکتریکی ژنراتور متصل به محور p.t.o نامین شده تا بسامدهای مختلف ایجاد گردد.سپس نسبت به اندازه‌گیری مهم‌ترین پارامترهای آزمون خاک‌ورزی شامل: قطر کلوخه، ناهمواری خاک و پارامترهای عملکردی شامل نیروی مقاوم کششی، توان کششی و انرژی ویژه مالبندی، اقدام گردید. طرح آزمایشی کرت خرده شده در قالب بلوک کامل تصادفی، با عوامل سرعت در دو سطح ۴ و ۸ Km/h و بسآمد در ۶ سطح (۰، متغیر، ۱۹+، ۱۹-،۳۷+ و ۳۷- هرتز)، در خاک لومی رسی سیلتی اجرا گردید. نتایج نشان داد ضمن کارآیی فنی بالای دستگاه خاک‌ورز و توان الکتریکی تبدیل شده از توان تراکتور، اثر بسآمد و سرعت به طور جداگانه و متقابل بر صفات مورد اندازه‌گیری بسیار معنی‌دار بود و نیرو و توان کششی به ترتیب ۲۸ و ۲۴٪ کاهش یافته و علیرغم بهبود ناهمواری سطح خاک به میزان ۳۷٪ و کاهش قطر متوسط وزنی کلوخه به مقدار ۱۷٪، مصرف انرژی ویژه مالبندی ۲۷٪ نسبت به شرایط بدون ارتعاش کمتر گردید.

واژگان کلیدی: بسآمد، نیروی مقاوم کششی، توان کششی، توان الکتریکی، انرژی ویژه‌ی مالبندی

[1]- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۲ و ۳ – به ترتیب استادیار و دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

Archive of SID
www.SID.ir

Fabrication and development of vibratory tillage machine and surveying its effect on energy consumption in tillage operations

Behrooz Goudarzi, Navab Kazemi, Mohammad Amin Asoodar

Abstract

One of the ways to achieve comprehensive development is economic development and increase production. As one of important manufacturing sectors, agricultural sector can play key role in economic prosperity in Iran. In this regard, increasing energy consumption, especially fossil fuels in agricultural productions, has been lead to apply efficient energy management in all agricultural operations, particularly machines operations. As source review shows that energy consumption amount has been reached averagely from 17.4 to 47.4 $Gjha^{-1}$ for 25 years. That amount is between 25 to 30 $Gjha^{-1}$ in Iran. Since 24% from total consumed energy is related to agricultural sector, so it is important to adopt scientific and operational measurements toward reducing energy consumption including Tillage operation. So this study tries to fabricate and develop tractive-vibration tillage as with supplying vibratory power of blade via electrical power produced with P.T.O, that we can produce and control the different amounts of vibration frequency. The pilot plans were done to assess its effects on the most important parameters of tillage test such as soil mean weight diameter (SMWD),soil surface roughness, and performance parameters including draft, specif ic energy and drawbar power were measured. This study used two factors of velocity in two levels (5-4 & 8-7) and frequency in 6 levels (zero, changing, +19, -19, +37 and -37) in silt clay loam soil in north of Ahwaz city. At the end, with introduction of proper technical function of device with converted power energy from tractor, the results shown that generally the effects of changes in velocity and frequency are separately much significant, as required draft and tractive power decreased 28% and 24& respectively and it can reduce 27% energy consumption than non-vibration condition. About soil parameters, 17% SMWD was reduced and 33% soil roughness condition was improved.

Keywords: frequency, vibratory tillage, specific energy, drawbar pull. energy consumption

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

ارتعاش در خاک‌ورزی به دو حالت خود القایی و القایی به کار گرفته می‌رود. القای ارتعاش به معنی صرف انرژی به منظور ایجاد ارتعاش در ساقه‌ی خاک‌ورز و خود القایی به معنی ایجاد ارتعاش در ساقه خاک‌ورز به هنگام پیشروی و بدون صرف انرژی جداگانه می‌باشد (Soeharsono and Setiawan, 2010). اما به علت مشکلاتی چون پیچیدگی طراحی، افزایش قیمت و تبع آن انتقال امواج مضر به تراکتور و صندلی راننده که موجب استهلاک زودرس تراکتور، به مخاطره افتادن سلامت راننده و کاهش ظرفیت کاری اپراتور می‌گردد (Tewari and Dewangan, 2009) و علیرغم مزایای این تکنیک، خاک‌ورزی ارتعاشی در سطح خود القایی و کارهای آزمایشگاهی متوقف شده است، در حالیکه با پیشرفتهای علمی می‌توان مشکلات پیش رو را کنترل نمود (Shahgoli *et al.*, 2010).

از پارامترهای مهم در خاک‌ورزی می‌توان به توان کششی موردنیاز، انرژی مصرفی کشش، ناهمواری سطح خاک و قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها اشاره نمود. میزان سرعت و نوع خاک نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر پارامترهای خاک‌ورزی‌اند (Habibi *et al.*, 2011) و با توجه به بحث هزینه‌ی تمام شده محصولات کشاورزی، امروزه سرعت بالای انجام عملیات به سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های ثابت و متغیر و زمان انجام عملیات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از سوی دیگر اثر متقابل ارتعاش و سرعت به دلیل داشتن رابطه عکس در فرمول سرعت نسبی (نسبت سرعت ارتعاش به سرعت پیشروی) به تفصیل مورد بررسی قرار خواهندگرفت.

ناهمواری یا زبری سطح خاک از مهم‌ترین خواصی است که تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی قرار گرفته و نشان دهنده‌ی میزان مشکلاتی مثل فرسایش و روان‌آب است که عمدتاً به خصوصیات سطح خاک بستگی دارند. نتایج تحقیقات نیاماپا و سالوخه (۲۰۰۰) در یک خاک لومی شنی با تیمارهای مختلف در سطوح بسامد دامنه و زاویه‌ی ارتعاش به حاکی از آن است در خاک‌ورزی ارتعاشی وقتی خاک شکافته می‌شود تیغه و ساقه اثر چندانی بر حرکت افقی خاک ندارند، اما در خاک‌ورزی غیر ارتعاشی خاک به نوعی در جلوی تیغه جریان پیدا کرده و منحرف می‌شود بنابراین ارتعاش موجب کاهش ناهمواری خواهد می‌شود اما افزایش بسامد تأثیری بر ناهمواری ندارد در حالیکه افزایش دامنه و زاویه ارتعاش تغییرات محسوسی در ناهمواری سطحی بوجود می‌آید.

مهم‌ترین دلیل استفاده از ارتعاش در خاک‌ورزی در مبحث نیروی کششی، توان کششی موردنیاز و انرژی مصرفی در عملیات کشش مطرح می‌گردد و پیشینه‌ی ارتعاش در خاک‌ورزی و اصولاً دلیل اصلی استفاده از ارتعاش در خاک‌ورزی چه به صورت خودالقایی و چه القایی کاهش نیروی مقاومت کششی، افزایش بازده توان مالبندی، کاهش توان کششی موردنیاز و در نهایت کاهش انرژی مصرفی در عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. زیرا عملیات خاک‌ورزی انرژی بیشتری نسبت به دیگر عملیات کشاورزی مصرف می کند. گسترش استفاده از ارتعاش در خاک‌ورزی به حدی است که حتی با امواج اولتراسونیک مسئله کاهش نیروی مقاومت کششی و با بسامدهای بسیار بالا بررسی شده‌اند (کاتن استورت و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی دو دلیل عمده برای کاهش نیروی مقاومت کششی در حین خاک‌ورزی ارتعاشی وجود دارد: زمان تماس کمتر ابزار خاک‌ورز با خاک به هنگام ارتعاش و کاهش نیروی اصطکاک

Archive of SID
www.SID.ir

خاک روی تیغه‌ی خاک‌ورز (Hemat *et al.,* 1999). ارتعاشات در خاک‌ورزی به دو صورت خودالقایی (غیرفعال) و القایی (فعال) ایجاد می‌شود. در مبحث غیرفعال تیغه خاک‌ورز به علت خاصیت انعطافی که دارد تحت اثر برخورد با توده خاک مرتعش شده و از خود رفتار دینامیکی ارتعاشی خاصی را به جا می‌گذارد که البته نمی‌توان از نظر عددی بسامد خاصی را برای این حرکت در نظر گرفت.

در مبحث اثر سرعت بر نیرو و توان کششی به دلیل رابطه مستقیم سرعت بر نیروی کششی و توان کششی بهتر است از فاکتور انرژی استفاده شود چرا که علی‌رغم اینکه با افزایش سرعت با نیروی کششی بیش‌تری مواجه می‌شویم و به توان بالاتری نیاز داریم، اما چه بسا که انرژی کمتری را صرف نماییم، به عنوان مثال شاکری (۱۳۷۹) با افزایش سرعت از ۳ به ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت اعلام نمود کاهش مصرف سوخت از ۲۵۰۰ به ۲۳۰۰ و ۱۹۰۰ سی‌سی در هر دکاهکتار ر می‌دهد.

مواد و روشها

این پژوهش در مزرعه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در خاک لوم رسی سیلتی که در سال قبل بصورت آیش بوده به اجرا در آمد. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور سرعت پیشروی در دوسطح(۴/۵ و۷/۵)وفاکتور بسامد در ۶ سطح: ثابت(صفر)، متغییر (خودالقایی)، +۱۹، -۱۹، +۳۷ و -۳۷ هرتز (القایی) با شرایط، عمق خاک‌ورزی ۲۰ سانتی‌متر، رطوبت خاک ۱۶ تا ۱۷٪، زاویه‌ی حمله ۱۵ درجه و در سه تکرار اجرا گردید. با توجه به دامنه و تعداد زیاد بسامدها و برای کنترل آنها و همچنین شناخت دقیق‌تر اثرات سرعت و بسامد بر پارامترهای مربوط به آزمون و ارزیابی خاکورز اقدام به ساخت و توسعه یک دستگاه خاک‌ورز تک شاخه‌ای کششی گردید. برای ایجاد ارتعاش در سطوح مختلف بسامد(۴سطح رقمی) با بکارگیری سامانه جرم نابرابر بصورت دورانی یک دستگاه الکتروموتور ۱/۱کیلووات در قسمت فوقانی تیغه نصب شد وبرای ایجاد ارتعاش ۲سطح خود القای و ثابت نیز از یک سری فنر با ضریب سختی حدوداً ۱۶ کیلونیوتن بر متر با آرایشی مطابق شکل ۱ (بالا راست) و دو عدد پین قفل کننده، استفاده شد. کار گذاشتن محل فنرها و زاویه آن‌ها به وسیله آزمون و خطا سرانجام منتهی به آرایش موجود در شکل (۱) به صورت دو فنر افقی، دو فنر عمودی و دو فنر با زاویه ۴۵ درجه شد، به صورتی که قابلیت انعطاف تیغه خاک‌ورز به سمت عقب و بالا کاملاً رعایت گردید.

Fig.1. The experimental tillage (right) - tillage blade and stem (left)

Archive of SID
www.SID.ir

Table 1. Specifications of the experimental vibratory tillage blade

عرض تیغه (متر)	عرض بال (متر)	زاویه نوک (درجه)	زاویه‌حمله (درجه)	زاویه خردکنندگی (درجه)	زا ویه‌شکافندگی (درجه)	زاویه تیزی (درجه)
۰/۲۸	۰/۰۴	۸۰	۱۵	۴۵	۱۵	۲۵

با توجه به اینکه ایجاد ارتعاش به طریقه‌ی سامانه چرخشی جرم نابرابر از راه مکانیکی سخت و مشکل‌ساز است (کل سامانه تحت ارتعاش قرار می‌گیرد و نقطه ثابت نسبی برای انتقال توان وجود ندارد) از ژنراتور و یک الکتروموتور برای تولید ارتعاش استفاده شد. این روش انتقال توان مزایایی همچون ۱) تغییر جهت ارتعاش توسط یک کلید ساده انتخابی[4] سه فاز، ۲) انتقال توان توسط کابل در هر جهت و مسافت دلخواه و راحتی فوق العاده، ۳) عدم انتقال ارتعاش به تراکتور از طریق مسیر انتقال توان و ۴) انتقال توان با بازدهی نزدیک به ۹۹٪ با توجه به مسیر کوتاه کابل (۵ متر) را دارا بود. این روش انتقال توان دارای معایبی همچون، الف) هزینه بالا و ب) اتلاف انرژی به هنگام تبدیل توان مکانیکی محور توان تراکتور به توان الکتریکی و تبدیل دوباره‌ی توان الکتریکی به مکانیکی می‌باشد. برای تولید جریان الکتریسیته از یک ژنراتور سه فاز ساخت کشور چین با نام پی‌ام[5] با توان ۱۰ کیلووات و بیشینه‌ی جریان ۱۸ آمپر، در بسامد ۵۰ هرتز استفاده شد. قطر پولی تسمه محور توان‌دهی، ۳۵ سانتی‌متر و پولی ژنراتور ۹ سانتی‌متر جهت تأمین دور گردشی ژنراتور به میزان ۱۵۰۰ دور در دقیقه در نظر گرفته شد و یک الکتروموتور برای چرخاندن سامانه ایجاد ارتعاش روی دستگاه خاک‌ورز با مشخصات ۱۴۱۰ دور در دقیقه و توان ۱/۱ کیلووات و برای انتقال توان از تراکتور به خاک‌ورز از ۵ متر کابل سه رشته‌ای با سطح مقطع هر کدام ۱/۵ میلی‌متر مربع (۳×۱/۵) استفاده شد.

برای محاسبه‌ی توان مورد نیاز ارتعاش از رابطه‌ی (۱) استفاده شد:

$$P = \sqrt{3}\,VI\cos\acute{O} \qquad (۱)$$

P : توان الکتریکی، V: ولتاژ، I: شدت جریان و Ó: زاویه فازی بین ولتاژ و جریان می‌باشد. پس از محاسبات لازم توان ارتعاش بسامد ۱۹ برابر ۰/۶ کیلووات و توان ارتعاش بسامد ۳۷ هرتز، ۰/۷۵ کیلووات محاسبه شد. البته برای محاسبه‌ی انرژی مصرفی برای ارتعاش، از بازدهی ۹۰٪ برای الکتروموتور و بازدهی ۷۵٪ برای ژنراتور استفاده شد که در نهایت توان مورد نیاز در موتور تراکتور برای بسامدهای ۱۹ و ۳۷ هرتز، به ترتیب برابر با ۹/۰ و ۱/۱ کیلووات به دست آمد.

پس از خاکورزی در هر کرت ۳ نقطه تصادفی انتخاب و توسط ناهمواری سنجی با ۵۰ میله عمودی و فاصله ۲ سانتی‌متر نسبت به سنجش ناهمواری، و برای محاسبه عدد ناهمواری از رابطه ۲ استفاده شد.

$$SSR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi-X)^2}{n}} \qquad (۲)$$

4 - Selector
5 - PEM

Archive of SID
www.SID.ir

SSR: **زبری سطح خاک** (soil surface roughness)، Xi: فاصله عمودی میله‌ها تا سطح خاک، X: میانگین داده‌ها، n: تعداد نمونه

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، پس از خاک‌ورزی در هر کرت انجام گرفت و به صورت برداشت حدود ۱۰ کیلوگرم خاک از هر کرت و در هر کرت 3 تکرار صورت گرفت. نمونه‌ی ذکر شده روی ۱۱ سرند مطبق (از بزرگ به کوچک با شماره‌ی چشمه: ۱۰ تا ۰/۷ سانتی‌متر) ریخته شده و بدون هیچ نیرو یا حرکت و لرزش به حال خود رها می‌شد. تا خاک از بالا تا پایین به فراخور ابعاد کلوخه و خاکدانه سرند خود را انتخاب کند و ثابت شود. در مرحله بعد، هرکدام از سرندها را توزین نموده و با داشتن وزن خالی هر سرند، خالص خاک موجود روی هر سرند ثبت شد و بالاخره پس از بدست آوردن وزن کل نمونه هر برداشت خاک و از طریق رابطه (۳) قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها محاسبه گردید:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i \qquad (۳)$$

MWD: قطر متوسط وزنی کلوخه (cm)، X_i: قطر متوسط دو الک متوالی (cm) و W_i: نسبت وزن باقیمانده نمونه خاک روی الک به وزن کل نمونه می‌باشد.

نیروی مقاومت کششی توسط یک لودسل S شکل که بین خاک‌ورز و تراکتور (RTPM[۲]) قرار گرفته بود و در راستای افقی به صورت موازی عمل می‌نمود، اندازه‌گیری گردید. داده‌های مربوط به نیروی کششی به دستگاه ثبت داده فرستاده و پس از آن اطلاعات از راه دور (بی‌سیم) به رایانه ارسال می‌شد. رایانه پس از دریافت اطلاعات با نرم افزار نوشته شده برای این منظور، توان کششی را محاسبه و به صورت لحظه به لحظه در محیط نرم‌افزار اکسل ثبت می‌نمود. از 72 کرت مورد آزمایش، 5 متر اول هر کرت به عنوان شتاب‌گیری و رسیدن به سرعت مطلوب پیشروی و عمق ثابت 20 سانتی‌متری حذف و از 20 متر باقی مانده طول هر کرت داده‌برداری و میانگین‌گیری در محیط اکسل انجام و برای مراحل تجزیه واریانس ذخیره شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

در جدول شماره‌ی (۲) نتایج حاصل از تجزیه واریانس (ANOVA) اثر سرعت پیشروی و بسامد ارتعاش بر هر چهار صفت مورد بررسی آورده شده است. با توجه به جدول مذکور اثر بسامد ارتعاش و اثر متقابل بسامد ارتعاش× سرعت پیشروی برای تمام صفات مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی دار شد و فقط اثر سرعت پیشروی بر قطر متوسط کلوخه‌ها معنی‌دار نشد.

با توجه به معنی‌داری آثار بسامد، سرعت و اثر متقابل سرعت × بسامد (جدول ۲) آزمون مقایسات میانگین به روش دانکن به منظور تعیین سطوح صفات آزمایش انجام شد و نتایج آن در جدول (3) آمده است.

2- RTPM: Real Time Tractor Performance Monitoring

Archive of SID
www.SID.ir

Table 2. Analysis of the forward speed and vibrational frequencies of the four traitsns

Sources of variation	Used energy (Kj/m) or (KwS/m)	Traction power (Kw)	Clod mean weight diameter (Cm)	Soil surface roughness (mm)	Degrees of freedom
Repeat	0.044^{ns}	0.25^{ns}	0.006 ^{ns}	11.86^{ns}	2
Speed	32.17**	621.72**	0.38^{ns}	.11^{ns}	1
Main error	0.32^{ns}	1.04^{ns}	0.034^{ns}	31.69^{ns}	2
Frequency	16.27**	72.09**	1.40**	**1106.44	5
Interaction (Speed× Frequency)	1.07**	**11.87	1.49**	0.15^{ns}	5
Sub error	4.19	15.44	5.74	14.01	20
Coefficient Variations	6.93	7.65	13.97	7.92	–

ns نشانه‌ی عدم معنی‌داری و ** نشانه‌ی معنی‌داری در سطح ۱٪ می‌باشد

Table 3. Mean comparisons of traits measured through the method of Duncan test

Sources of variation	Used energy	Traction power	clod mean weight diameter	Soil surface roughness
Speed				
4 Km/h	5.65^{b}	7.49^{b}	3.72^{a}	52.167^{a}
8 Km/h	7.55^{a}	15.80^{a}	3.92^{a}	42.27^{a}
Frequency				
0 Hz	9.68^{a}	18.26^{a}	4.63^{a}	59.5^{a}
Variable	7.26^{b}	12.55^{b}	3.75^{bc}	47.66^{b}
+19 Hz	5.43^{c}	9.11^{d}	3.31^{c}	47.83^{c}
-19 Hz	5.76^{c}	10.16^{cd}	3.80^{bc}	53.83^{b}
+37 Hz	5.86^{c}	10.42^{c}	4.06^{ab}	21^{b}
-37 Hz	5.60^{c}	9.35^{d}	3.38^{c}	53.5^{b}

حروف مشابه در هر ستون در یک سطح معنی‌داری قرار دارند.

مطابق جدول (۳)، اثر بسامد و سرعت پیشروی بر ناهمواری سطح خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. شکل (۲) این معنی‌داری را نشان می‌دهد. می‌توان اینگونه توجیه نمود که با افزایش بسامد در هر دو صورت القایی و خود القایی، تیغه سبب باز شدن شیاری

Archive of SID
www.SID.ir

در خاک بدون ایجاد آشفتگی در سطح خاک، توسط خاک‌ورز می‌گردد و همین موضوع باعث کاهش ناهمواری بر سطح خاک می‌شود و چنانکه از شکل ۲ پیداست تیمار، با بسامد متغیر و +۱۹، به ترتیب در سطح اول و دوم سرعت پیشروی دارای کمترین میانگین به ترتیب با ۱/۵۲ و ۱/۲۵ سانتی‌متر شدند.

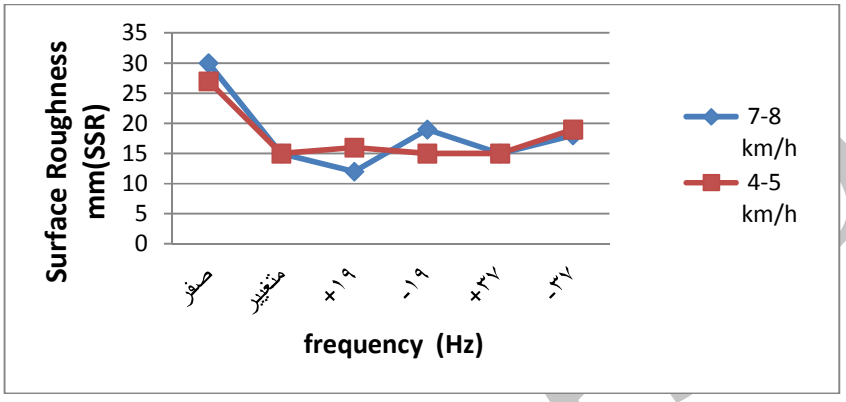

Fig2. Frequency effect at two levels of 4.5 and 7.5 Kmh^{-1} on the Surface Roughness

اثر بسامد ارتعاش و اثر متقابل سرعت و بسامد بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار و اثر سرعت پیشروی بر این صفت معنی‌دار نشد. می‌توان گفت چون با ایجاد بسامد، تیغه خاک‌ورز در واحد زمان ضربات ریز و با فاصله مکانی حداکثر برابر با دامنه ارتعاش به توده خاک پیش رو وارد می‌کند لذا موجب کاهش قطر متوسط وزنی کلوخه می‌شود و همانطور که از شکل (۳) پیداست در سطح اول سرعت پیشروی بسامد خود القایی با ۳/۱ سانتی‌متر و در سطح دوم سرعت پیشروی بامد 19+ کمترین قطر کلوخه را به خود اختصاص دادند که این نتایج با نتایج نیاماپا و سالوخه (1993) که اعلام داشتند با افزایش بسامد قطر کلوخه‌ها کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.

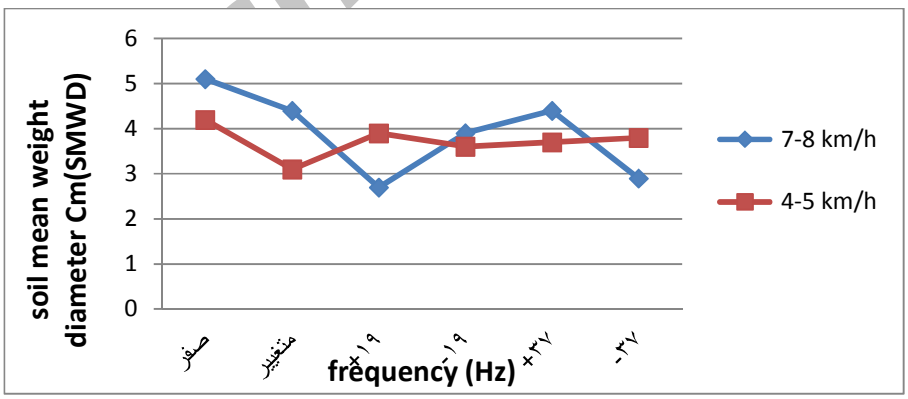

Fig.3. Frequency effect at two levels of forward speed on clod mean weight diameter

اثر بسامد بر توان مورد نیاز خاک‌ورزی در شکل ۴ نشان داده شده است که در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. با اعمال ارتعاش القایی کاهش قابل توجه در توان کششی اتفاق می‌افتد، که به علت کاهش زمان برخورد خاک با تیغه خاک‌ورز و ایجاد

www.SID.ir

شکستگی در خاک به علت ضربات تیغه به خاک در زمانی که سرعت پیشروی و ارتعاش به حداکثر می‌رسد، می‌باشد. البته باید توجه داشت که ارتعاش سبب کاهش بکسوات لاستیک‌ها و افزایش سرعت واقعی پیشروی می‌گردد (Hemat *et al.*, 1999) که این خود موجب افزایش توان کششی است که به خاک اعمال می‌گردد و نباید آن را ناشی از ناکارآیی ارتعاش در خاک‌ورزی دانست، چون ارتعاش حتی می‌تواند باعث افزایش عمق خاک‌ورزی حتی با وجود نیروی مؤلفه‌ی عمودی یکسان شود (Sahaya *et al.*, 2009) که باعث افزایش توان کششی می‌شوند. از سوی دیگر چون ارتعاش موجب افزایش بازده کششی می‌گردد، (Hemat *et al.*, 1999) و بازده کششی نسبت به بازده محور توانده‌هی کمتر است لذا بررسی انرژی مصرفی کششی از ارجحیت برخوردار است. بسامد ۱۹+ با کمترین مقدار توان کششی درهر دو سطح سرعت اول و دوم، به ترتیب: ۴/۳ و ۸/۳ کیلووات را به خود اختصاص داد و این نتایج با نتایج شاهقلی و همکاران (2010) که اعلام نمودند: از بسامد ۰ تا ۸،۸ هرتز کم‌ترین توان کششی مربوط به بسامد ۸/۸ و کم‌ترین توان مورد نیاز خاک‌ورز مربوط به بسامد ۳/۳ هرتز می‌باشد، همخوانی دارد.

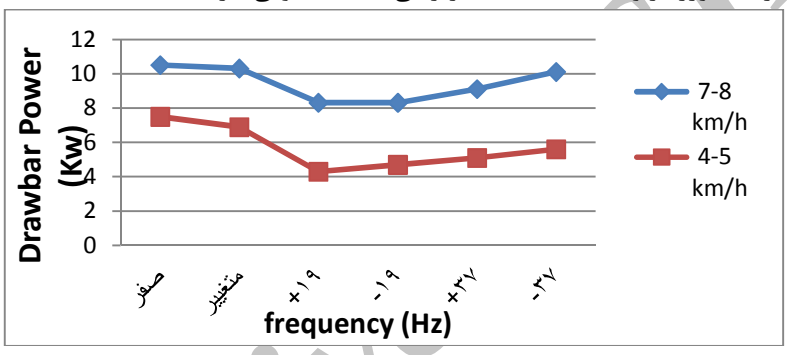

Fig.4. Frequency effect at two levels of speed of 4.5 Kmh^{-1} and 7.5 Kmh^{-1} on drawbar power

همانگونه که از شکل ۵ دیده می‌شود سطح انرژی مصرفی کششی در اثر بسامد ارتعاش در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

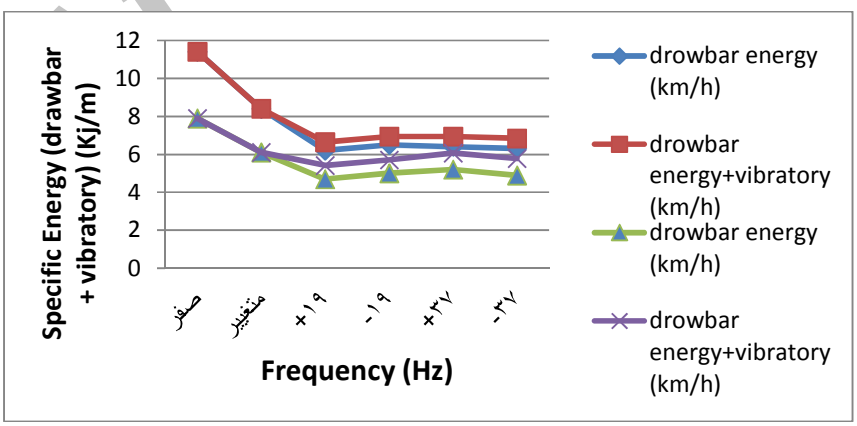

Fig.5. Frequency effect on specific energy (drowbar + vibratory)

www.SID.ir

نکته قابل توجه این است که با وجود افزایش حدوداً دو برابری سرعت این افزایش از نسبت کمتری برای انرژی مصرفی به ویژه برای تیمارهای مرتعش القایی (حداکثر ۱/۳ برابر) برخوردار است که با نتایج شاکری (1380) که اعلام داشت با افزایش سرعت پیشروی از ۳ به ۵ Kmh^{-1} سوخت مصرفی ۲۰٪ کاهش می‌یابد، همخوانی دارد. تیمار بسامد ۱۹+ کمترین انرژی مصرفی در هر دو سطح سرعت یعنی به ترتیب برابر با ۴/۷ و ۶/۲ Kj/m را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری

آزمایش جهت بررسی اثر ارتعاش، سرعت پیشروی بر پارامترهای خاک‌ورزی در شمال اهواز انجام شد و نتایج حاکی از آن است که هر دو عامل بر پارامترهای خاک‌ورزی مؤثرند و در این بین ارتعاش القایی از نوع ایجاد شده با سامانه جرم نابرابر دارای خواص جالب توجه، همچون تغییر آسان جهت فاز ارتعاش را در این سامانه بر حسب اهداف خاص هر خاک‌ورزی، ممانعت از انتقال امواج مضر ناشی از ارتعاشات به تراکتور، انتقال انرژی جنبشی ارتعاش در حدود نهایی دامنه ارتعاش (که باعث استهلاک و اصطکاک بیش از حد می‌شوند و در نهایت به گرما مبدل می‌گردند) به خاک و بالاخره ایجاد یک سامانه ارتعاش با صرف هزینه‌ی کم‌تر و عمر طولانی‌تر داشت.

منابع

Habibi, E., M. A. Asoodar, and B. Khalil-Moghadam.2011. Effects of soil moisture, tillage implementsand forward speed on the distribution of clod in both loam and silty clay loam. Master's thesis from Ramin Agriculture and Natural Resources University in Khuzestan. Pp, 97.

Hemmat, A., H. R. Sadegh-Nejad., and R. Alimardani.2000. Draft of vibrating- share subsoiler in vibrating and non- vibrating modes and its effect on soil physical properties. Iranian Journal of Agricultural and science. 31(1):127-146.

Niyamapa, T., and V. M. Salokhe. 1993. Laboratory investigations into soil failure under vibratory tillage tools. Journal of Terramechanics, Vol. 30, No. 6, pp. 395-403.

Sahaya, C.S., E.V. Thomasb, And K. K. Satapathyc. 2009. Performance evaluation of a novel power-tiller-operated oscillatory tillage implement for dry land tillage. . Bio systems engineering. Pp, 385 – 391.

Shahgoli, G., J. Fielke., J. Dcsbiolles, and C. Saunders. 2010. Optimising oscillation frequency in oscillatory tillage. Soil & Tillage Research. Pp, 202-210.

Shakeri, M. 2001. The effect of blade type and forward speed on fuel consumption and abrasion Intensity of the blades in moldboard plow. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 8th year. No. 1, Pp, 93-101.

Soeharsono, P., and R. A. Setiawan. 2010. Analytical study of self-excited vibration on single degree of freedom vibratory-tillage. Asian Research Publishing Network. Pp, 61-66.

Tewaria, V. K., and K. N. Dewangan. 2009. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. Bio systems engineering. Pp, 146 – 158.

Kattenstorth, R. and H. hans. 2011. Reducing friction in tillage using ultrasonic vibration. Bio systems engineering. Pp, 181 – 192

Archive of SID
www.SID.ir