

تأثیر ارتعاش تیغه بر عملکرد خاک‌ورزی پوششی در خاک لوم رسی سیلتی

بهروز گودرزی^۱ - محمد امین آسودار^۲ - نواب کاظمی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴

چکیده

امروزه در راستای تولید پایدار، کاهش عملیات خاک‌ورزی به‌ویژه سیستم‌های مرسوم و جایگزینی با نوع حفاظتی توصیه می‌گردد، ولی همچنان عملیات خاک‌ورزی جزء انرژی‌برترین عملیات‌ها هستند. در این تحقیق، با تغییر در تأمین توان ادوات و تبدیل توان چرخشی تراکتور به توان الکتریکی و توسعه یک نوع تیغه ارتعاشی به‌عنوان ایده‌ای نو، اثرات ارتعاش در ۶ بسامد مختلف شامل صفر یا ثابت، خودالقایی یا متغیر و القایی با (+۱۹)، (-۱۹)، (+۳۷) و (-۳۷) هرتز، با متوسط سرعت پیشروی در دو سطح $4/5$ و $7/5 \text{ km h}^{-1}$ بر روی پارامترهای عملکردی خاک‌ورزی با رویکرد خاک‌ورزی حفاظتی و کاهش مصرف انرژی بررسی گردید. به‌همین منظور ابتدا اقدام به توسعه و ساخت یک ماشین خاک‌ورز تک‌تیغه‌ای کششی نموده و با نصب الکتروموتور بر روی آن ارتعاش‌های کنترل شده فراهم گردید. هم‌چنین با نصب یک دستگاه ژنراتور مدل PM-10KW که چرخش محور آن را شفت تواندهی تراکتور تأمین می‌کند، انرژی الکتریکی مورد نیاز خاک‌ورز در مزرعه تأمین شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای سرعت پیشروی واقعی، نیرو و توان کششی هم‌زمان با اجرای عملیات در مزرعه از یک تراکتور تجهیز شده به سامانه جمع‌آوری لحظه‌ای داده‌ها استفاده شد. سپس طرح آزمایشی کرت خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در خاک لوم رسی سیلتی، با دوازده تیمار و سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که فاکتور بسامد به‌طور معنی‌داری بر شاخص‌های درصد حفظ بقایا روی خاک و قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و توان کششی تأثیر داشت، به‌طوری‌که کم‌ترین توان کششی لازم $4/3$ کیلووات در بسامد (+۱۹) و بیش‌ترین درصد نگهداری بقایا بر روی خاک ۸۵ درصد در بسامد (+۳۷) رخ داد و کم‌ترین میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها ($2/7 \text{ cm}$) در بسامد (-۳۷) به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، بسامد، بقایا، توان کششی، کلوخه

مقدمه

یاتاقان‌ها، ترک‌خوردگی و لق‌شدگی اتصالات شده و در سیستم‌های الکتریکی با ایجاد اتصال کوتاه، تولید نویز می‌نماید (Wok, 2011). اما از دیرباز از ارتعاش در ماشین‌های کشاورزی ثابت و سیار مانند دستگاه‌های بوجاری، تکاننده‌های باغی، تغذیه‌کننده‌ها و انتقال‌دهنده‌های مواد، صفحات مرتعش در خشک‌کن‌ها و حتی در ماشین‌های برداشت چغندر و سیب‌زمینی استفاده شده است.

ارتعاش به‌صورت خودالقایی و القایی در خاک‌ورزی به‌کار گرفته می‌شود. نوع القایی به معنی صرف انرژی به‌منظور ایجاد ارتعاش در ساقه‌ی خاک‌ورز و خودالقایی به معنی ایجاد ارتعاش در ساقه خاک‌ورز به‌هنگام پیشروی و بدون صرف انرژی جداگانه می‌باشد (Soeharsono and Setiawan, 2010). اما به‌علت مشکلاتی چون پیچیدگی طراحی، افزایش قیمت و تبع آن انتقال امواج مضر به تراکتور و صندلی راننده موجب استهلاک زودرس تراکتور و به‌مخاطره افتادن سلامت راننده می‌گردد (Tewaria and Dewangan, 2009). علی‌رغم مزایای این تکنیک، خاک‌ورزی ارتعاشی در سطح خودالقایی و کارهای آزمایشگاهی متوقف شده است و به‌کارگیری آن در مزرعه عموماً مربوط به زیرسکن‌ها جهت بهبود بازده کششی است (Shahgoli et al., 2010).

از پارامترهای مهم در خاک‌ورزی می‌توان به توان کششی مورد

خاک‌ورزی پوششی را می‌توان به‌عنوان یک سیستم حد وسط معرفی نمود که به نوعی معایب دو سیستم بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم را پوشش می‌دهد، زیرا خاک‌ورز پوششی مرسوم، گاوآهن تیغه‌ای (یا در بعضی مواقع گاوآهن پارا) است که دارای ویژگی‌هایی هم‌چون ساقه‌های عمود و برنده، بال‌های پهن و زاویه‌ی حمله کوچک می‌باشد. این سبک طراحی موجب حفظ بیشینه‌ی بقایای گیاهی روی خاک و کاهش مصرف انرژی می‌گردد. هم‌چنین باید در نظر داشت در مزرعه‌ی خاک‌ورزی شده با گاوآهن‌های قلمی نسبت به بی‌خاک‌ورزی، روان‌آب و فرسایش ناشی از آن کمتر و نتیجتاً جذب نزولات جوی بیش‌تر است، لذا سیستم خاک‌ورزی پوششی جایگزین مناسبی برای خاک‌ورزی مرسوم و یا بی‌خاک‌ورزی است (Backingham and Pauli, 1993).

در رابطه با ارتعاش در صنعت و ماشین‌ها می‌توان گفت به‌طور ناخواسته در اکثر فرآیندها عامل مضر است زیرا سبب سایش

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه رامین

۲- استاد گروه مکانیزاسیون و مکانیک بیوسیستم دانشگاه رامین

۳- استادیار گروه مکانیزاسیون و مکانیک بیوسیستم دانشگاه رامین

(Email: navab20@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

بسامد و دامنه ارتعاش با سرعت پیشروی خاک‌ورز و زاویه حمله به‌میزان برگردان شدن خاک به‌طور غیر مستقیم به حفظ بقایای گیاهی بر روی خاک ارتباط دارد، هم‌چنین اثر بسامد و زاویه ارتعاش موجب کاهش نیروی مقاومت کششی می‌شود و برخلاف تحقیقات گذشته نقش، با افزایش فرکانس و کاهش سرعت نسبی (λ) (کمتر از یک) نیز می‌تواند نیروی مقاومت کششی را کاهش دهد، (Beiranvand and Shahgoli, 2010; Awad-Allah *et al.*, 2009). لذا هدف از این تحقیق شناخت تأثیر میزان ارتعاش و سرعت خاک‌ورزی بر پارامترهای خاک و انرژی مالبندی بوده و برای کنترل و ایجاد بسامدهای متنوع یک نوع خاک‌ورز ارتعاشی تک ساق طراحی و توسعه داده شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در خاک لوم رسی سیلتی که در سال قبل زیر کشت گندم بوده و سال جاری به‌صورت آیش با ۴۵ درصد پوشش بقایا به‌اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با عوامل ثابت: عمق خاک ورزی ۲۰ سانتی‌متر، رطوبت خاک ۱۶ تا ۱۷ درصد، زاویه حمله ۱۵ درجه و عوامل متغیر: سرعت پیشروی در دو سطح ۴/۵ و ۷/۵ کیلومتر بر ساعت و بسامد در شش سطح، ۱- ثابت (صفر)، ۲- متغیر (خودالقایی)، ۳- (مثبت ۱۹) و ۴- (منفی ۱۹) هرتز، ۵- (مثبت ۳۷) و ۶- (منفی ۳۷) هرتز، انجام شد. برای انجام این آزمایش لازم بود سه حالت کاملاً متفاوت ارتعاش یعنی ثابت، متغیر و ارتعاشی، در دو سطح سرعت و در شرایط واقعی مزرعه و در عمق ۲۰ سانتی‌متر مورد آزمون قرار گیرد، به‌همین دلیل نسبت به ساخت خاک‌ورز ارتعاشی آزمایشی با یک تیغه کاربردی واقعی و روشی با ضریب ایمنی بالا^۱ اقدام شد. طراحی خاک‌ورز به‌گونه‌ای بود تا از انتقال ارتعاش به قسمت‌های ناخواسته از قبیل شاسی اصلی و چرخ‌ها جلوگیری شود. برای عایق‌بندی و ارتعاش قسمت فعال دستگاه شامل تیغه و سامانه ایجاد ارتعاش از شش فنر با ضریب سختی حدوداً ۱۶ کیلونیوتن بر متر استفاده شد. انتخاب صحیح محل و زاویه فنرها به‌وسیله آزمون و خطا به آرایش موجود در شکل ۱ منتهی گردید و به‌صورت دو فنر افقی، دو فنر عمودی و دو فنر با زاویه ۴۵ درجه نصب شدند، تا قابلیت انعطاف تیغه خاک‌ورز به سمت عقب و بالا کاملاً رعایت شود.

با توجه به این که ایجاد ارتعاش با سامانه چرخشی جرم نابرابر به‌طور مکانیکی سخت و مشکل‌ساز است (زیرا 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.

نیاز، انرژی مصرفی کشش، درصد حفظ بقایا بر روی خاک، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، جرم حجمی ظاهری و ناهمواری سطح خاک اشاره نمود که با کاربرد هم‌زمان ارتعاش و خاک‌ورز پوششی می‌توان عملکرد ارتعاش را در این سیستم کارا مورد آزمون واقعی قرار داد. میزان سرعت و نوع خاک نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر پارامترهای خاک‌ورزی هستند (Habibi *et al.*, 2011). از سوی دیگر اثر متقابل ارتعاش و سرعت به‌دلیل روابط عکس در فرمول سرعت نسبی (نسبت سرعت ارتعاش به سرعت پیشروی) و اثر متقابل ارتعاش و نوع خاک، بررسی آنها بسیار ضروری است (Shahgoli *et al.*, 2010).

همواره از میزان بقایای گیاهی به‌عنوان مبنایی در تقسیم‌بندی سیستم‌های خاک‌ورزی استفاده می‌شود و نقش آن در تولید پایدار با اهمیت ارزیابی شده است و چنانچه پس از خاک‌ورزی یا قبل از کاشت ۳۰ درصد سطح زمین پوشیده از بقایا باشد خاک‌ورزی حفاظتی است و اگر بقایا بین ۱۵ تا ۳۰ درصد باشد کم‌خاک‌ورزی و برای درصد پوشش کمتر از ۱۵ درصد، خاک‌ورزی را مرسوم می‌نامند (Gajri *et al.*, 2006). ارزش بقایای گیاهی به‌اندازه‌ای است که بعضاً برای رفع کمبود آن‌ها به طرق مختلف و صرف هزینه‌ی بالا بر روی خاک پخش می‌شوند (Oghan *et al.*, 2008). زیرا بقایای گیاهی بر مسائلی مانند فرسایش آبی و بادی خاک، رطوبت خاک، افزایش ماده‌ی آلی و موجودات خاک‌زی تأثیرگذار بوده و پارامترهای عملکردی خاک و ماشین را نیز تغییر می‌دهد (El Titi *et al.*, 2009). بقایای گیاهی با طول زیاد و ابعاد بزرگ، در طی خاک‌ورزی کمتر با خاک مخلوط می‌شوند. افزایش طول از ۱۰ به ۱۷/۵ تا ۲۵ سانتی‌متر، نسبت پوشش سطح خاک به‌ترتیب از ۴۰ به ۵۵ و ۶۵ درصد می‌رسد. البته باید خاطر نشان شد با افزایش طول بقایا از ۵ به ۲۵ سانتی‌متر، جابه‌جایی بقایا ۲۰ درصد افزوده می‌شود و در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت بقایای دفن نشده با طول حدود ۲۵ سانتی‌متری نسبت به بقایای با طول ۵ سانتی‌متری، ۷۵ درصد بیش‌تر می‌باشد (Liu and Chen, 2010). به‌طور کلی در بحث درصد حفظ بقایای گیاهی بر روی خاک پس از خاک‌ورزی می‌توان به‌گاوآهن برگردان‌دار با میانگین ۱۰ درصد، گاوآهن بشقابی با میانگین ۴۰ درصد و گاوآهن‌های قلمی با میانگین ۶۰ درصد اشاره کرد (Buckingham and Pauli, 1998). در تحقیقی که توسط (Mohammadi-gol *et al.*, 2005) صورت گرفت مشخص شد گاوآهن بشقابی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار به احتمال ۹۹ درصد در حفظ بقایای گیاهی بر روی خاک مؤثرتر است. هرچه سرعت پیشروی در حین عملیات خاک‌ورزی بیش‌تر شود، جابه‌جایی خاک و بقایا و در نتیجه آن به زیر خاک رفتن بقایا نیز بیش‌تر شده و با افزایش سرعت از ۵ به ۱۰ کیلومتر بر ساعت، (حتی در عرض خاک به‌هم خورده ناشی از یک تیغه خاک‌ورز با عرض ۳۲/۵ سانتی‌متری) ۴۰ درصد افزایش می‌یابد (Liu and Chen, 2010).



شکل ۱- (۱) تیغه و ساقه‌ی خاک‌ورز، (۲) آرایش فنرها، (۳) سنگین‌کننده، (۴) نمای خاک‌ورز آزمایشی
 Fig.1. (1) Tillage blade and stem, (2) Sort springs (3) Ballasting, (4) The experimental tiller

جدول ۱- مشخصات تیغه خاک‌ورز ارتعاشی آزمایشی

Table 1- Specifications of the experimental vibratory tillage blade

عرض تیغه (cm)	عرض بال (cm)	زاویه نوک (درجه)	زاویه حمله (درجه)	زاویه خردکنندگی (درجه)	زاویه شکافندگی (درجه)	زاویه تیزی (درجه)
Blade wide	Wing wide	Top angle	Rake angle	Crumble angle	Shear angle	Sharp angle
28	4	80	15	45	15	25

خاک‌ورز با مشخصات ۱۴۱۰ دور در دقیقه و توان ۱/۱ کیلووات مطابق شکل ۱ (شماره ۲) استفاده شد.

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

$$P = \sqrt{3}VI \cos \theta \quad (1)$$

P: توان الکتریکی (وات)، V: اختلاف پتانسیل (ولت)، I: شدت جریان (آمپر) و θ : زاویه فازی (درجه) بین اختلاف پتانسیل و جریان می‌باشد. پس از محاسبات لازم توان ارتعاش بسامد ۱۹ هرتز، برابر با ۶/۰ کیلووات و توان ارتعاش بسامد ۳۷ هرتز، برابر با ۲۵/۰ کیلووات محاسبه شد.

درصد پوشش بقایای گیاهی قبل و بعد از خاک‌ورزی ارتعاشی به روش برش عرضی خطی به وسیله یک طناب ۲۰ متری با صد گره بر روی آن انجام شد. بدین صورت که طناب مورب در داخل مستطیل هر کرت از آزمایش قرار می‌گرفت. در صورت قرار گرفتن کاملاً عمودی روی یک کلهش یا ساقه خوابیده یا ایستاده یک شمارش در نظر گرفته شد و سپس از نسبت عدد دوم (پس از خاک‌ورزی) به عدد اول (پیش از خاک‌ورزی) و درصدگیری نسبی صفت مورد نظر برای کرت مزبور ثبت شد.

این روش انتقال توان، مزایایی هم‌چون (۱) تغییر جهت و میزان ارتعاش مورد نیاز توسط یک کلید ساده انتخابی^۱ سه فاز، (۲) انتقال آسان توان توسط کابل در هر جهت و مسافت دلخواه، (۳) عدم انتقال ارتعاش به تراکتور از طریق مسیر انتقال توان و (۴) انتقال توان با بازدهی نزدیک به ۹۹ درصد با توجه به مسیر کوتاه کابل (۵ متر). این روش انتقال توان دارای معایبی همچون، الف) هزینه بالا و ب) اتلاف انرژی به هنگام تبدیل توان مکانیکی محور 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^۲ با توان ۱۰ کیلووات و بیشینه‌ی جریان ۱۸ آمپر، در بسامد ۵۰ هرتز استفاده شد (شکل ۱ شماره ۴). قطر پولی تسمه محور توان‌دهی، ۳۵ سانتی‌متر و پولی ژنراتور ۹ سانتی‌متر جهت تأمین دور گردش ژنراتور به میزان ۱۵۰۰ دور در دقیقه در نظر گرفته شد و یک الکتروموتور برای چرخاندن سامانه ایجاد ارتعاش روی دستگاه

1- Selector
 2- PEM

$$E = (P_1 + P_2) \times T \quad (4)$$

E: انرژی ویژه‌ی کششی بر حسب کیلوژول بر متر مربع، P_1 : توان کششی مالبندی مورد نیاز طبق رابطه (۳) بر حسب کیلووات، P_2 : توان ارتعاشی طبق رابطه (۱) بر حسب کیلووات، T: زمان انجام خاک‌ورزی در یک متر مربع بر حسب ثانیه.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات عوامل سرعت پیشروی و بسامد ارتعاش بر هر چهار صفت، درصد حفظ بقایا، قطر متوسط وزنی کلوخه، توان کششی و انرژی مالبندی طبق جدول ۲ نشان می‌دهد اثر اصلی بسامد ارتعاش و اثر متقابل بسامد ارتعاش و سرعت پیشروی برای تمام صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده اما اثر سرعت پیشروی بر قطر متوسط کلوخه‌ها معنی‌دار نشد.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سرعت \times بسامد در جدول ۲ آزمون مقایسات میانگین به روش دانکن به منظور تعیین سطوح صفات آزمایش انجام شد و نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

طبق جدول تجزیه واریانس اثر متقابل بسامد و سرعت پیشروی بر حفظ بقایا در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده که منحنی‌های شکل ۲ این وضعیت را به خوبی نشان می‌دهند. به طوری که در عمل با افزایش بسامد در هر دو حالت القایی و خودالقایی، تیغه خاک‌ورز شیارهای با آشفستگی کمتر در سطح خاک به جای می‌گذاشت که همین کار موجب حفظ بیشینه‌ی بقایا بر سطح خاک می‌شود. با تغییر در جهت ایجاد ارتعاش که مخالف با جهت چرخش چرخ‌های تراکتور است و با علامت ۱۹- و ۳۷- (کدهای ۴ و ۶ در جدول ۳) آمده، به دلیل ایجاد آشفستگی بیشتر در سطح خاک از حفظ بقایا بر سطح خاک کاسته شده است. چنان که از شکل ۳ پیداست تیمار، با بسامد ۳۷+ (کد: ۵) در هر دو سطح اول و دوم سرعت پیشروی دارای بیشترین میانگین به ترتیب ۸۵ و ۷۴ درصد شده است. البته یادآوری این نکته ضروری است که نه تنها بسامد ۳۷+ که بسامد ۱۹+ نیز از بسامد ۱۹- بقایای بیشتری را بر سطح خاک باقی می‌گذارد. در نتیجه باید گفت با القای بسامد بالاتر و جهت چرخش موافق چرخ‌های تراکتور بقایای بیشتری بر روی خاک باقی می‌ماند که با نتایج Liu and Chen, 2010; (Awad-Allah et al., 2009) مطابقت دارد.

دلایل معنی‌دار شدن اثر اصلی بسامد ارتعاش و اثر متقابل سرعت با بسامد بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و عدم معنی‌داری اثر سرعت پیشروی بر این صفت این است که میزان بسامد ارتعاش 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 همان طوری که از شکل ۳ پیداست در سطح اول سرعت، بسامد خودالقایی با قطر کلوخه ۳/۱ سانتی‌متر و

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، پس از خاک‌ورزی در هر کرت، به صورت برداشت حدود ۱۰ کیلوگرم خاک (در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) از هر کرت و در ۳ تکرار صورت گرفت (Khaffaf and Khadr, 2008). نمونه‌ی ذکر شده روی ۱۱ سرنده مطبق (از بزرگ به کوچک با شماره‌ی چشمه: ۱۰ تا ۰/۶ 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، سرنده خود را انتخاب کند و ثابت شود. در مرحله بعد، هر کدام از سرنده‌ها را توزین نموده و با داشتن وزن خالی هر سرنده، خالص خاک موجود روی هر سرنده ثبت شد و بالاخره پس از به دست آوردن وزن کل نمونه در هر برداشت خاک و از طریق رابطه (۲) قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها محاسبه گردید (Khaffaf and Khadr, 2008).

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (2)$$

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 (F) توسط یک لودسل S شکل با اتصالات لولای در دوسر آن بین خاک‌ورز و تراکتور (RTPM^۱) قرار گرفته تا همواره نیروی کششی افقی را اندازه‌گیری نماید. به طور کلی داده‌های مربوط به نیروی کششی و سرعت پیشروی واقعی و محاسبه توان و انرژی مالبندی به صورت لحظه‌ای و هم‌زمان با اجرا توسط سامانه جمع‌آوری اطلاعات تراکتور (DAS^۲) مذکور دریافت و به صورت بی‌سیم به لب‌تاپ کاربر ارسال و در نهایت کلیه اطلاعات دریافتی و محاسبه شده در کاربرگ‌های یک فایل اکسل ذخیره‌سازی می‌گردید. ضمناً تنظیمات DAS به گونه‌ای بود تا هر ثانیه سه داده‌برداری را ثبت کند.

از ۳۶ کرت مورد آزمایش، داده‌های مربوط به ۵ متر اول هر کرت را برای شتاب‌گیری و رسیدن به سرعت پیشروی و عمق ثابت، حذف نموده و از داده‌های ۲۰ متر باقی‌مانده برای ثبت و ورود به رایانه استفاده شد. کلیه عملیات آماری مربوط به تجزیه تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها و ثبت اولیه داده‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

توان کششی مورد نیاز خاک‌ورز از رابطه (۳) استفاده شد.

$$P = \frac{F \times V}{3.6} \quad (3)$$

در این رابطه P: توان کششی بر حسب کیلووات، F: نیروی مقاوم کششی بر حسب کیلونیوتن، V: سزعت پیشروی بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشند. به منظور محاسبه‌ی انرژی ویژه‌ی کششی با توجه به عرض کار خاک‌ورز (۲۸ cm)، از رابطه‌ی (۴) استفاده شد.

در سطح دوم سرعت پیشروی بسامد +۱۹+ کمترین قطر کلوخه را به خود اختصاص دادند که این نتایج با یافته‌های (Niymapa and Salokhe, 1993) که اعلام داشتند با افزایش بسامد قطر کلوخه‌ها کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی و بسامد ارتعاش بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 2- ANOVA of the effect of 2 factors (Forward speed and frequencies) on four measured factors

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات MS			
		انرژی مالبندی کشش (کیلوژول بر متر مربع) Specific traction energy (kJ m ⁻²)	توان کششی (کیلووات) Drawbar power (kW)	قطر متوسط وزنی کلوخه (سانتی‌متر) Clod mean weight diameter (cm)	حفظ بقایا بر روی خاک (%) Percentage of remained residue
تکرار Replication	2	0.044	0.25	0.006	11.86
سرعت Speed	1	32.17**	621.72**	0.38 ^{ns}	880.11**
خطای اصلی Main error	2	0.32 ^{ns}	1.04 ^{ns}	0.034 ^{ns}	31.69 ^{ns}
بسامد Frequency	5	16.27**	72.09**	1.40**	1106.44**
اثر متقابل (سرعت × بسامد) Interaction (Speed × Frequency)	5	1.07**	11.87**	1.49**	124.11**
خطای فرعی Sub error	20	4.19	15.44	5.74	14.01
ضریب تغییرات Coefficient variations	-	6.93	7.65	13.97	7.92

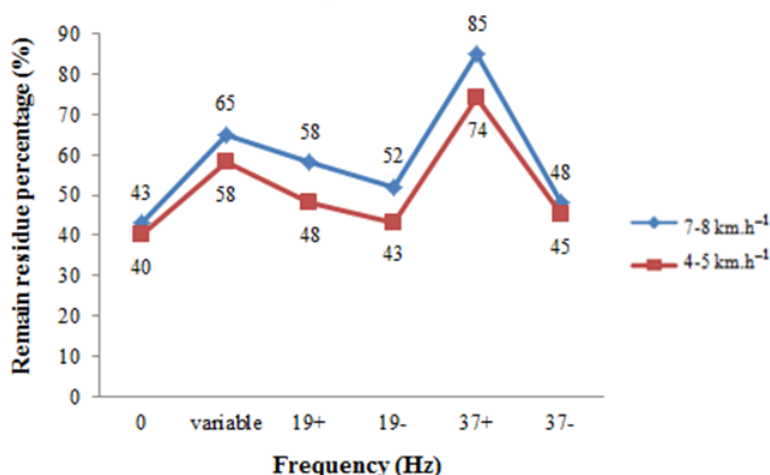
ns نشانه‌ی عدم معنی‌داری و ** نشانه‌ی معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از نظر پارامترهای اندازه‌گیری شده

Table 3- Means comparisons of different treatments for measured parameters

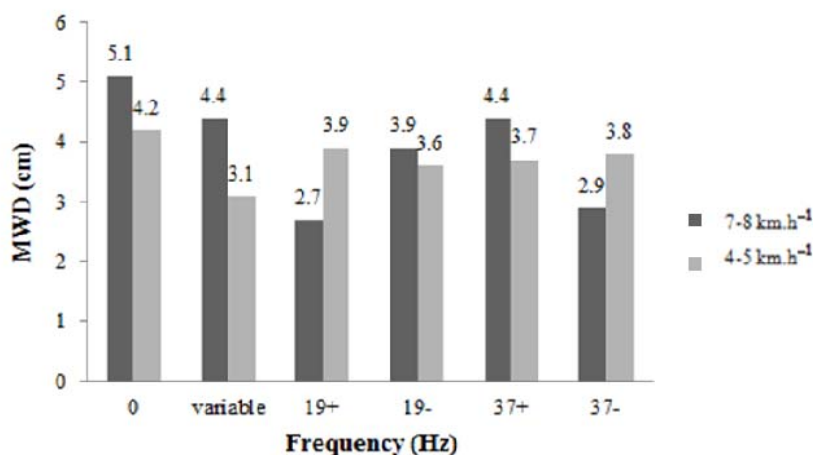
منابع تغییرات Sources of variation	انرژی ویژه کشش (کیلوژول بر متر مربع) Specific energy (kJ m ⁻²)	توان کششی (کیلووات) Drawbar power (kW)	قطر متوسط وزنی کلوخه (سانتی‌متر) Clod mean weight diameter (cm)	درصد حفظ بقایا (%) Percentage of remained residue (%)
سرعت Speed				
1 (4.5 km h ⁻¹)	19.77 ^b	7.49 ^b	3.72 ^a	47.967 ^a
2 (7.5 km h ⁻¹)	26.42 ^a	15.80 ^a	3.92 ^a	47.47 ^b
بسامد (هرتز) Frequency (Hz)				
1 (0)	33.88 ^a	18.26 ^a	4.63 ^a	39.5 ^a
2 (variable)	25.41 ^b	12.55 ^b	3.75 ^{bc}	52.46 ^c
3 (+19)	19.01 ^c	9.11 ^d	3.31 ^c	52.83 ^b
4 (-19)	20.16 ^c	10.16 ^{cd}	3.80 ^{bc}	46.83 ^b
5 (+37)	5.86 ^c	10.42 ^c	4.06 ^{ab}	79 ^d
6 (-37)	5.60 ^c	9.35 ^d	3.38 ^c	46.5 ^b

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



شکل ۲- اثر بسامد در دو سرعت متوسط ۴/۵ و ۷/۵ کیلومتر بر ساعت بر درصد حفظ بقایا

Fig. 2. Frequency effect on the percentage of remained residues at two levels of speed (4.5 and 7.5 km h⁻¹)



شکل ۳- اثر بسامد در دو سطح سرعت پیشروی بر قطر متوسط وزنی کلوخه (MWD)

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

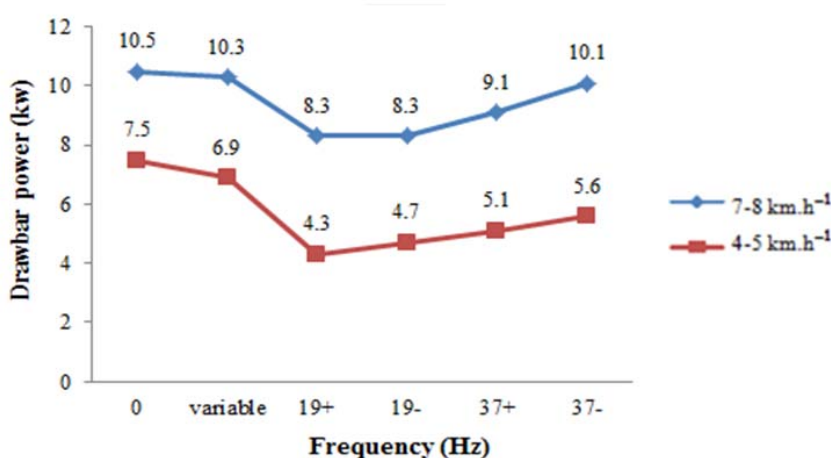
چون ارتعاش بازده کششی را افزایش می‌دهد (Hemmat *et al.*, 2000) و بازده کششی همواره از بازده محور توان‌دهی کمتر است لذا بررسی انرژی ویژه‌ی کششی که در ادامه می‌آید ارجحیت دارد. براساس منحنی‌های شکل ۴، بسامد ۱۹+ کمترین مقدار توان کششی در هر دو سطح سرعت اول و دوم، به ترتیب: ۳/۴ و ۸/۳ کیلووات را به خود اختصاص داد. با افزایش بسامد شاهد افزایش در توان کششی بوده که می‌تواند به دو دلیل صورت گیرد: اول این که در بسامد بالاتر کلوخه‌ها خردتر می‌شوند که توان بیشتری نیاز دارد و دوم آن که سامانه جرم نابرابر در بسامد بالاتر از دامنه‌ی کوچکتری برخوردار است و کمتر خاک را از جلوی تیغه منحرف می‌کند که موجب افزایش توان کششی تیغه در خاک شده است. در مورد تغییر جهت چرخش سامانه‌ی ارتعاش از مثبت به منفی، که موجب افزایش

اثر معنی‌دار بسامد بر توان مورد نیاز خاک‌ورزی را در شکل ۴ نیز نشان داده که با اعمال ارتعاش القایی کاهش قابل توجه در توان کششی اتفاق می‌افتد، علت آن کاهش زمان برخورد خاک با تیغه خاک‌ورز و ایجاد شکستگی در خاک ناشی از ضربات تیغه به خاک است که هم سرعت پیشروی و هم ارتعاش در حداکثر مقادیر خود هستند، پرواضح است که ارتعاش سبب کاهش بکسوات چرخ‌ها و افزایش سرعت واقعی پیشروی می‌گردد (Hemmat *et al.*, 2000) که این افزایش توان کششی را به دنبال داشته و نباید آن را ناشی از ناکارایی ارتعاش در خاک‌ورزی دانست، چون ارتعاش می‌تواند باعث افزایش عمق خاک‌ورزی، با وجود نیروی مؤلفه‌ی عمودی یکسان شود (Sahaya *et al.*, 2009)، که باعث افزایش توان کششی اعمال شده به خاک می‌شود و با توان مورد نیاز متفاوت است. از سوی دیگر

توان کششی شده، به دلیل افزایش ناشی از خرد شدن بیشتر کلوخه‌ها و چرخش‌های ریز تیغه برخلاف جهت چرخش تراکتور است و این با نتایج (Shahgoli *et al.*, 2010) که اعلام نمودند: از بسامد صفر 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.

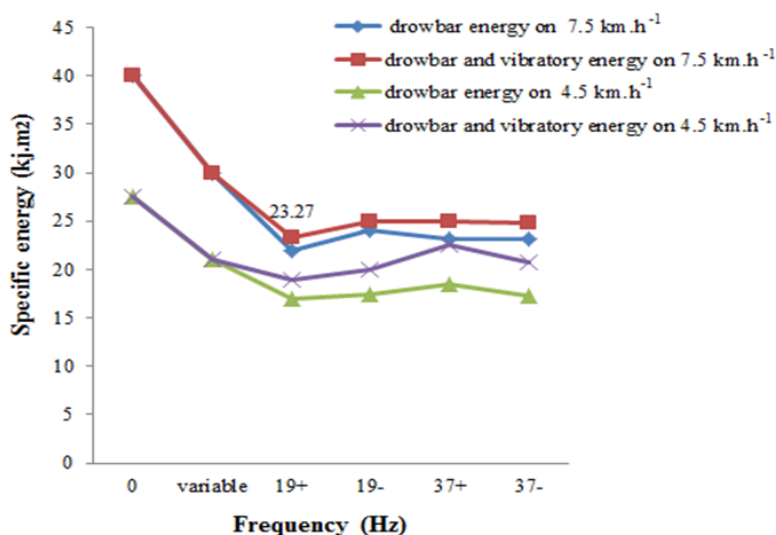
در شکل ۵ اثر بسامد بر انرژی کششی مصرفی بر حسب کیلوژول در متر، نشان داده شده است و نکته قابل توجه این است که با وجود افزایش حدوداً دو برابری سرعت این افزایش از نسبت کمتری برای انرژی مصرفی به‌ویژه برای تیمارهای ارتعاش القایی (حداکثر

۳/۱ برابر) برخوردار است که با (Shakeri, 2001)، که اعلام داشت با افزایش سرعت پیشروی از ۳ به ۵ کیلومتر در ساعت سوخت مصرفی ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، هم‌خوانی دارد. ضمناً انرژی ویژه‌ی (کششی به‌علاوه‌ی ارتعاشی) نیز برای مقایسه‌ی واقعی میان تیمارهای بدون ارتعاش و خودالقایی که فقط انرژی کششی نیاز دارند با تیمارهای القای ارتعاش که هم به توان کششی و هم به انرژی ارتعاشی نیاز دارند، آورده شده است. تیمار بسامد ۱۹+ کمترین انرژی مصرفی در هر دو سطح اول و دوم سرعت، به‌ترتیب برابر با ۱۸/۹ و ۲۳/۲ کیلو ژول بر مترمربع را به‌خود اختصاص داد.



شکل ۴- اثر بسامد در دو سرعت متوسط ۴/۵ و ۷/۵ کیلومتر بر ساعت بر توان کششی

Fig.4. Frequency effect on drawbar power at two levels of forward speed (4.5 and 7.5 km h⁻¹)



شکل ۵- اثر بسامد در دو سطح سرعت پیشروی بر انرژی کششی

Fig.5. Frequency effect on drawbar used energy at two levels of forward speed

نتیجه‌گیری

اعمال و کنترل بسامدهای مختلف روی خاک‌ورز طراحی شده موجب می‌شود از این دستگاه در شرایط خاک‌ورزی متغیر یا به عبارتی خاک‌ورز دقیق برای خاک‌ورزی با نرخ متغیر معرفی استفاده شود چرا که اهدافی هم‌چون کنترل درصد حفظ بقایا بر روی خاک، نرخ میزان خرد شدن کلوخه‌ها و ایجاد بستری مناسب کشت توأم با کاهش مصرف انرژی را فراهم نموده و همه این‌ها در راستای کشاورزی پایدار و دقیق هستند.

به‌طور کلی نتایج آزمایش‌های بررسی اثر ارتعاش و سرعت پیشروی بر پارامترهای خاک‌ورزی و نیروی مقاوم کششی در خاک لوم رسی سیلتی حاکی از آن است که هر دو عامل بر پارامترهای خاک‌ورزی و انرژی ویژه مالندگی بسیار مؤثرند. به‌کارگیری ارتعاش القایی از نوع بسامانه جرم نابرابر دارای خواص جالب توجه همانند تغییر آسان جهت فاز ارتعاش و انتقال آسان بود. معنی‌دار شدن اثرات بسامد ارتعاش بر پارامترهای مهم کیفیت خاک‌ورزی و امکان

منابع

1. Awad-Allah, M. A., H. M. Mahgoub, M. E. Abo-Elnor, and M. A. Shahin. 2009. Experimental investigation of the effect of vibration during tillage process of multi shank plough blade. 13th International Conference on Aerospace sciences & Aviation Technology, Kobry Elkobbah, Cairo, Egypt.
2. Backingham, F., and A. Pauli. 1993. Fundamentals of machine operation, 3rd. Translated by: Asoodar, M. A., and H. Sabzehzar.
3. Beiranvand, M., and Gh. Shahgoli. 2010. Investigating some oscillatory tillage parameters by dynamic modeling for energy saving. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 20 (4): 54- 64.
4. El Titi, A. 2003. Soil Tillage in Agro ecosystems. Translated by: Koocheiki, A., and Z. Boroumand Rezazadeh.
5. Gajri, M., B. Arora, and B. Prihar. 2006. Tillage for sustainable cropping. Translated by: Kazemi, N., and H. Zakeri. pp 243.
6. Habibi, E., M. A. Asoodar, and B. Khalil-Moghadam. 2011. Effects of soil moisture, tillage implements and forward speed on the distribution of clod in both loam and silt clay loam. Master's Thesis from Ramin Agriculture and Natural Resources University in Khuzestan. pp 97.
7. 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.
8. Khaffaf, A., and A. Khadr. 2008. Effect of some primary tillage implement on soil pulverization and specific energy. *Farm machinery and power*. 731- 745.
9. Liu, J., and Y. Chen. 2010. Effect of tillage speed and straw length on soil and straw movement by a Sweep. *Soil and Tillage Research* 109: 9-17.
10. Mohammadi-gol, A., A. Javadi, and M. Ghosavi. 2005. Comparison of two combined plows with conventional plow and their effects on soil physical properties. Fourth National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. 15-30.
11. Niyamapa, T., and V. M. Salokhe. 1993. Laboratory investigations into soil failure under vibratory tillage tools. *Journal of Terramechanics* 30 (6): 395-403.
12. Ogban, P. I., W. N. Ogunewe, R. I. Dike, A. C. Ajaelo, N. I. Ikeata, N. Achumbae, and E. E. Yong. 2008. Effect of tillage and mulching practices on soil properties and growth and yield of cowpea (*vigna unguiculata*, walp) in southeastern Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension* 118-128.
13. 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. *Biosystems Engineering* 385-391.
14. Shahgoli, G., J. Fielke, J. Dcsbiolles, and C. Saunders. 2010. Optimising oscillation frequency in oscillatory tillage. *Soil & Tillage Research* 202-210.
15. 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* 8 (1): 93-101.

16. Soeharsono, P., and R. A. Setiawan. 2010. Analytical study of self-excited vibration on single degree of freedom vibratory-tillage. Asian Research Publishing Network 61-66.
17. Tewaria, V. K., and K. N. Dewangan. 2009. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. Biosystems Engineering 146-158.
18. Wok, V. 2011. Analysis of Industrial Machines Vibration. Translate by: Rafieeyan, M., and H. Aziziyan.

Effect of blade vibration on mulch tillage performance under silt clay loam soil

B. Goudarzi¹- M. A. Asoodar²- N. Kazemi^{3*}

Received: 22-11-2013

Accepted: 03-02-2014

Introduction: Mulch tillage system is an intermediate system which covers some of disadvantages of no tillage and conventional tillage systems. In farms in which tillage is done with a chisel plow, runoff and soil erosion have a less important relation to moldboard and disk plow and naturally absorption of rainfall will be developed. Thus, the mulch tillage system is an appropriate alternative to conventional tillage and no tillage (Buckingham and Pauli, 1993). The unwanted vibration in machinery and industry mainly processes most harmful factors, for example: bearing wear, cracking and loosening joints. And noise is produced in electrical systems by creating a short circuit (Wok, 2011). Self-induced and induced vibration are used in tillage systems. Induced vibration is created by energy consumption and self-induced vibration is created by collision among the blades and soil at the shank (Soeharsono and Setiawan, 2010). A study by Mohammadi-gol *et al.* (2005) was conducted. It was found that on the disk plow, plant residues maintained on the soil are more than that of moldboard plow. 99% frequency and amplitude, speed and rack angle of blade directly affect soil inversion and indirectly affect preservation of crop residue on the soil. The effect of vibration frequency and rack angle of blade to reduce the tensile strength is also clear. Moreover, in contrast to previous studies when speed progressing is less than (λ) , not only the relative speed (λ) , but also frequency can reduce the tensile strength (Beiranvand and Shahgoli, 2010; Awad-Allah *et al.*, 2009). Therefore, aim of this study was to determine the effect of vibration and the speed of tillage on soil parameters and drawbar power in using electric power.

Materials and Methods: To perform this test, three different modes of vibration (fixed, variable and induced vibration) and two levels of speed in real terms at a depth of 20 cm were used for farming. The test was performed with a split plot and randomized complete block design and three replications, and the fixed factors were: the depth of tillage: 20 cm, soil moisture: 16 to 17 percent and rack angle: 15 degrees; and the variable factors were the rate of progress in both 4.5 and 7.5 kilometers per hour and six levels of frequency, 1 fixed (zero) 2 variables (self-induced), 3 (positive19) and 4 (negative19), 5 (positive37) and 6 (negative37) Hz were performed. An electric generator was used to create vibration power. The equation (1) was used to calculate the vibration power:

$$P = \sqrt{3} VI \cos \phi \quad (1)$$

Where P: Electric power (W), V: voltage (V), I: current (amps) and ϕ : phase angle (degrees) between the voltage and current. After the calculation, the required power of 19 Hz was calculated to be 0.6, and the required power of 37Hz, was calculated to be 0.75 kilowatts, respectively. The sample of mean weighted diameter, after tillage in each plot, was about 10 kg soil (0 to 20 cm depth) with 3 replicates and through the equation (2), mean weight diameter was calculated as follows:

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (2)$$

Where MWD: Mean weight diameter (cm), X_i : Two Elk consecutive mean diameters (cm) and W_i : weight ratio of the soil remaining on the sieve to the total weight of the sample. In order to calculate the specific energy tension due to the width of tillage (28 Cm), equation (3) was used.

$$E = (P_1 + P_2) \times T \quad (3)$$

Where E: tensile special energy in kilojoules per square meter, P_1 : drawbar pulling power required in kW, P_2 : the vibration according to equation (1) based on kilowatt, T: tillage time in one square meter per second.

Results and discussion: According to analysis of variance (Table 2) interaction effects of frequency and speed to keep the residue are significant at 1%, and this situation was shown well in Fig.2 Therefore, in practice, with increasing frequency in both induction and self-induction vibration, the tillage blades created a groove at the soil surface with less turmoil, and this would maintain the maximum residue on the surface of the soil.

As is clear from Fig.3, treatment of the frequency of 37+ (code 5) in both the first and second average forward speed is highest in remaining residue with 85% and 74%, respectively (Liu and Chen, 2010) and (Awad-Allah *et al.*, 2009). By

1- Graduated student, Faculty of Khozestan-Ramin Agricultural and Natural Resources University

2- Professor, Faculty of Khozestan-Ramin Agricultural and Natural Resources University

3- Assistant Professor, Faculty of Khozestan-Ramin Agricultural and Natural Resources University

(* - Corresponding Author Email: navab20@yahoo.com)

applying induced vibrations, a significant reduction in tensile strength occurs, because it reduces the time to deal with the blade of soil tillage and soil fractures with blows of the blade. It is clear that vibration reduces slip and real wheel speed is progressing, and following it, the increase in tensile strength occurs and it should not be considered due to the in efficiency of vibration tillage, since vibration may increase the depth of tillage, with the same vertical force component (Sahaya *et al.*, 2009). Specific energy (plus drawbar and vibration) are shown in Figure.5 and the lowest energy consumption in both the first and the second speeds was on treatment of frequency +19, being 18.9 kJ m and 23.2 kJ m to first and second speeds, respectively.

Conclusions: In general, both factors (vibration and speed) affected tillage parameters and energy consumption and induced vibration caused by the system of unequal mass and electrical power properties was very easy to change phase vibration and transfer of power. This study was designed because of the significant effects on the important parameters of quality by vibration frequency of tillage and different frequencies to control the way in which tillage parameters are controlled. We can take it as a precision tillage that introduced variable control rate of percent residue on the soil, clod mean weight diameter that is suitable for the cultivation combined with reduced energy consumption.

Keywords: Clod, Frequency, Residue, Tension power, Tillage, Vibration