بهروز گودرزی[۱*]، محمد امین آسودار[۲] و نواب کاظمی[۳]

۱– دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز goudarzibehrooz@yahoo.com
۲ و ۳– به ترتیب دانشیار و مربی گروه ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز

چکیده

امروزه هرچند عملیات زمان‌بر و پرمصرف خاکورزی رو به کاهش است و حتی در برخی موارد حذف شده، اما به دلیل مشکلاتی از قبیل: آلودگی‌های شیمیایی ناشی از مصرف بی‌رویه علف‌کش‌ها، مقاوم شدن علف‌های هرز و مسائل اقلیم‌ها و خاک‌هایی با شرایط ویژه، به هرحال به خاک ورزی به عنوان یک عملیات مکانیکی نیازمندیم. پژوهشی با طرح آزمایشی کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوکهای کاملاً تصادفی، جهت بررسی تأثیر خاک‌ورزی ارتعاشی بر شاخص‌های خاک‌ورزی و چالش‌های پیش‌رو مانند صرف انرژی بالا و دفن بقایا در خاک‌ورزی، در مزرعه‌ی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین به تاریخ اسفند ۱۳۹۱، صورت گرفت. تیمارهای اعمال شده عبارت بود از فاکتور اصلی سرعت در دو سطح ۵–۴ و ۸–۷ کیلومتر بر ساعت و فاکتور فرعی بسامد ارتعاش با شش سطح: صفر(شاهد)، متغیر (خود القایی) و سطوح القایی شامل: (۱۹+)، (۱۹ –)، (۳۷+) و (۳۷ –) هرتز، و صفات مورد اندازه‌گیری شامل: درصد بقایای باقی مانده بر روی خاک، قطر متوسط وزنی کلوخه و نیروی مقاومت کششی بودند. نتایج نشان داد که اثر بسامد ارتعاش بر ماندگاری بقایا روی خاک، قطر متوسط کلوخه‌ها و توان کششی بسیار معنی‌دار است. در بین سطوح بسامد ارتعاش، بسامد ۱۹+ کمترین میانگین توان کششی به مقدار ۶/۳ کیلووات و بسامد مثبت ۳۷ بیشترین میانگین درصد ماندگاری بقایا روی خاک به میزان ۷۹/۵٪ و بسامد ۳۷ + کم‌ترین میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها با مقدار ۳/۳۵ سانتی‌متر را به خود اختصاص دادند، که می‌توان از این نتایج برای اعمال نوعی خاک‌ورزی دقیق استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، بسامد، خاکورزی ارتعاشی، خاک‌ورزی دقیق و نیروی کششی

مقدمه

خاک‌ورزی پوششی را می‌توان به عنوان یک سیستم حد وسط معرفی نمود که به نوعی معایب دو سیستم بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم را پوشش می‌دهد. زیرا خاک‌ورز پوششی برجسته، گاوآهن تیغه‌ای (یا در بعضی مواقع گاوآهن پارا) است که دارای ویژگی‌هایی چون: ساقه‌های عمود و برنده، بال‌های پهن و زاویه‌ی حمله کوچک می‌باشد و این سبک طراحی موجب ماندگاری بیشینه ی بقایای گیاهی روی خاک، کاهش برگردان شدن خاک و صرف انرژی کمتر و در عین حال مبارزهی مؤثر با علف‌های هرز می‌گردد که

گاوآهن‌های قلمی نسبت به بی‌خاک‌ورزی، روان‌آب و فرسایش ناشی از آن کم‌تر و جذب نزولات جوی بیش‌تر صورت گرفته و با توجه به این مزیت اساسی، مشاهده می‌شود که سیستم خاک‌ورزی پوششی می‌تواند جایگزین مناسبی برای خاک‌ورزی مرسوم و یا بی‌خاک‌ورزی در مناطقی باشد که مزایای نسبی کم‌تری از این دو سیستم مشاهده می‌گردد (Backcingham and Paoli, 2009).

علاوه بر استفاده از تاکتیک‌ها می‌توان تکنیک‌ها را نیز در جهت افزایش کارایی سیستم خاک‌ورزی به کار گرفت. تکنیک ارتعاش برگرفته از ماهیت جهان هستی از حرکت اتم‌ها و الکترون‌ها (حرکت براونی) گرفته تا جزر ومد دریاها و اجرام آسمانی است. ارتعاش ناخواسته عمدتاً عامل مضری است زیرا سبب سایش زیاد یاتاقان ها، ترک خوردگی و لق شدگی اتصالات، بروز اختلال در رله‌های الکتریکی، ایجاد اشکال در سیستم‌های الکتریکی به علت شکست اتصالات لحیمی، زدگی بوش‌های اطراف هادی‌های الکتریکی و ایجاد اتصالات کوتاه، تولید نویز و عدم آسایش و ایمنی آدمی است (Wock, 1993). اما زمان زیادی است که ارتعاش در صنعت و کشاورزی کاربرد فراوانی پیدا کرده و می‌توان از آن جمله در کشاورزی به بوجارها، تکاننده‌های باغی، تغذیه کننده‌ها و انتقال دهنده‌های مواد، صفحات مرتعش در خشک‌کن‌ها و حتی در ماشین‌های برداشت غده‌هایی مانند چغندر و سیب زمینی و بالاخره خاک‌ورزها اشاره کرد. ارتعاش به صورت خود القایی و القایی در خاک‌ورزی به کار گرفته می‌شود. 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) علیرغم مزایای این تکنیک، خاک‌ورزی ارتعاشی در سطح خود القایی و کارهای آزمایشگاهی متوقف شده‌اند و یا اگر به مزرعه رسیده‌اند عموماً و مکرر در زیرشکن‌ها (به علت نیاز به افزودن بازده کششی) بررسی شده‌اند (Shahgoli et al., 2010).

از پارامترهای مهم در خاک‌ورزی می‌توان به: توان کششی موردنیاز، انرژی مصرفی کشش، درصد ماندگاری بقایا 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 خاک‌ورزی‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰) 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 روابط عکس در فرمول سرعت نسبی (نسبت سرعت ارتعاش به سرعت پیشروی) و اثر متقابل ارتعاش و نوع خاک که بستر بی جایگزین کشاورزی است بسیار مهم است، و به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند (Shahgoli et al., 2010) و نیز نقش بقایای گیاهی آن چنان اهمیت دارد که مبنای تقسیم بندی سیستم‌های خاک‌ورزی و خاک‌ورزها شده است و در سیستم‌های

اهداف مورد نظر است، به گونه‌ای که اگر پس از خاک‌ورزی یا قبل از کاشت ۳۰ درصد سطح زمین پوشیده باشد خاک‌ورزی حفاظتی است و اگر سطح زمین پوشیده با بقایا بین ۱۵ و ۳۰ درصد باشد کم‌خاک‌ورزی و برای درصد پوشش کمتر از ۱۵ درصد خاک‌ورزی مرسوم نامیده می‌شود (Gajri et al., 2006). ارزش بقایای گیاهی آن‌چنان پررنگ شده است که در صورت عدم وجود درصد کافی، به صورت مصنوعی در انواع مختلف و به طرق متفاوت با صرف هزینه‌ی فراوان به زمین مورد نظر حمل و روی خاک پخش می‌شود (Ogban et al., 2008)، زیرا بقایای گیاهی بر عواملی مانند فرسایش آبی و بادی خاک، رطوبت خاک، افزایش ماده‌ی آلی خاک، موجودات خاک‌زی، عملکرد زراعی و حتی ماشین‌آلات تأثیر گذارند (Altiti et al., 2009). بقایای گیاهی با طول بالاتر، در طی خاک‌ورزی کمتر با خاک مخلوط می‌شوند به طوری‌که با افزایش طول از ۱۰ به ۱۷/۵ و ۲۵ سانتیمتر، نسبت پوشش سطح خاک از ۴۰ به ۵۵ و ۶۵ درصد می‌رسد. البته باید ذکر نمود که با افزایش طول بقایا از ۵ به ۲۵ سانتی‌متر جابه‌جایی بقایا ۲۰٪ افزوده شده و در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت بقایای دفن نشده ۲۵ سانتی‌متری نسبت به ۵ سانتی‌متری ۷۵٪ بیش‌تر روی خاک باقی می‌مانند (Liu et al., 2010). به طور کلی در بحث درصد ماندگاری بقایا روی خاک، پس از خاک‌ورزی می‌توان به گاوآهن برگردان‌دار با میانگین ۱۰ درصد، گاوآهن بشقابی با میانگین ۴۰ درصد و گاوآهن‌های قلمی با میانگین ۶۰ درصد اشاره کرد (Buckingham and Pauly, 2008). گاوآهن بشقابی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار به احتمال ۹۹ درصد در ماندگاری بقایا روی خاک مؤثرتر است (محمدی گل و همکاران، ۱۳۸۴). هر چه سرعت پیشروی در حین عملیات خاک‌ورزی بیش‌تر شود بالطبع جابه‌جایی خاک و بقایا و در نتیجه آن به زیر خاک رفتن بقایا بیش‌تر است و با افزایش سرعت از ۵ به ۱۰ کیلومتر بر ساعت حتی در عرض خاک به هم خورده ناشی از یک تیغه خاک‌ورز با عرض ۳۲/۵ سانتی‌متری ۴۰٪ افزایش می‌یابد (Liu et al., 2010). در پژوهشی دیگر، نقش بسامد و دامنه ارتعاش، سرعت پیشروی خاک‌ورز و زاویه حمله در میزان برگردان شدن خاک که غیر مستقیم به ماندگاری بقایا روی خاک گیاهی ارتباط دارد، اشاره شد (Awad-Allah et al., 2009).

آنچه باعث تولید کلوخه و خاک‌دانه در خاک‌ورزی است عبارت از هندسه تیغه که شامل نوع تیغه، زوایای تمایل و حمله، نوع فلز، تیزی تیغه، شکل و انحنای ساق‌ها و بسیاری دیگر عوامل از جمله عوامل مدیریتی، که از سرعت، عمق و عرض (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰) خاک‌ورزی میتوان نام برد. قطر متوسط وزنی کلوخه، یکی از مهم‌ترین اهداف خاک‌ورزی که همان بستر مناسب بذر است را تحت تأثیر قرار می دهد و نسبت خردشدگی خاک $Q\leq$۲۲ میلی‌متر را نیز به همین منظور تعریف نمودند (Khaffaf and Khadr, 2008). البته توافق نظر کلی درمورد اندازه کلوخه‌ها و خاک‌دانه‌ها وجود ندارد اما در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان گفت که خاک‌دانه‌هایی با قطر بزرگ‌تر از ۰/۵ میلی‌متر و کلوخه‌هایی با قطر کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر از نظر بستر مناسب بذر و کنترل فرسایش پیشنهاد می‌گردند (Khaffaf and Khadr, 2008). اگرچه ارتعاش بر اندازه کلوخه‌ها مؤثر است، اما سرعت پیشروی و شرایط خاک اثر معنی‌داری بر اندازه‌ی کلوخه‌ها دارند (Johnson and Bachele, 1969) و اندازه‌ی کلوخه‌ها با انرژی مصرفی ویژه در خاک‌ورزی

سانتی‌متر طی یک کاهش معنی‌دار به ۷/۴ سانتی‌متر کاهش یافت (همت و همکاران، ۱۳۷۹). اندازه کلوخه با سرعت رابطه‌ی عکس دارد و با افزایش بسامد ارتعاش از ۱۵/۶ به ۱۹/۶ کاهش می‌یابد. گرچه در فرمول سرعت نسبی ارتعاش به سرعت پیشروی عواملی چون بسامد، دامنه و زاویه ارتعاش هم مؤثرند و با افزایش بسامد از ۹ به ۱۳ هرتز و دامنه ارتعاش از ۱۵ به ۳۵ میلی‌متر می‌توان شاهد کاهش قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها از ۲۳/۴ به ۷/۶ تا ۸/۲ میلی‌متر بود(Niamapa and Salokhe, 1993).

امکان بیش

افزایش نسبت λ به بیش از ۴ تغییری در نیروی مقاومت کششی حاصل نمی‌شود(Soeharsono and Setiawan, 2010). بررسی روی جهت فنرهای تیغه خاک‌ورز نشان داد که جهت رو به جلوی فنر ساقه خاک‌ورز که به هنگام افزایش مقاومت عمق افزایش می‌یابد به شدت و تا ۷۳٪ بر افزایش نیروی مقاومت کششی نسبت به جهت رو به عقب فنر ساقه خاک‌ورز که با افزایش مقاومت از عمق خاک‌ورزی می‌کاهد تأثیرگذار می‌باشد(Soeharsono et al., 2011). ارتعاش در تیغه‌های خاک‌ورز می‌تواند در جهت طولی عرضی و ارتفاع و یا ترکیبی دوگانه از طول و ارتفاع باشد. کلیه تحقیقات نشان می‌دهند که علی‌رغم تفاوت‌های بسیار، کلیه جهات ارتعاش موجب کاهش نیروی مقاومت کششی است و از مهم‌ترین عوامل که بر عملکرد خاک‌ورزی ارتعاشی تأثیرگذار است می‌توان به بسامد، دامنه و زاویه ارتعاش اشاره نمود (بیرانوند و شاهقلی، ۱۳۸۹).

این عوامل، معمولاً در اصطلاح سرعت نسبی ب ا هم ترکیب می‌شوند. سرعت نسبی(λ)(نسبت حداکثر سرعت ارتعاشی تیغه نسبت سرعت پیشروی رو به جلو است:

رابطه‌ی ۱:

$$\lambda = \frac{2\pi a \cos\beta}{v}$$

که در آن، a: دامنه (متر)، f: بسامد (هرتز)، β : زاویه ارتعاش (درجه) و V: سرعت پیشروی تراکتور (متر بر ثانیه) می‌باشند.

اگر $\lambda \leq 1$ باشد تیغه همیشه با خاک در تماس است و اگر $\lambda > 1$ سه فاز حرکتی را طی می‌کند که شامل برش خاک، برگشت به عقب و نفوذ در داخل خاک سست شده می‌گردد. چنانچه سرعت نسبی افزایش یابدمتوسط نیروی کششی به طور یکنواخت کاهش می‌یابد (بیرانوند و شاهقلی، ۱۳۸۹).

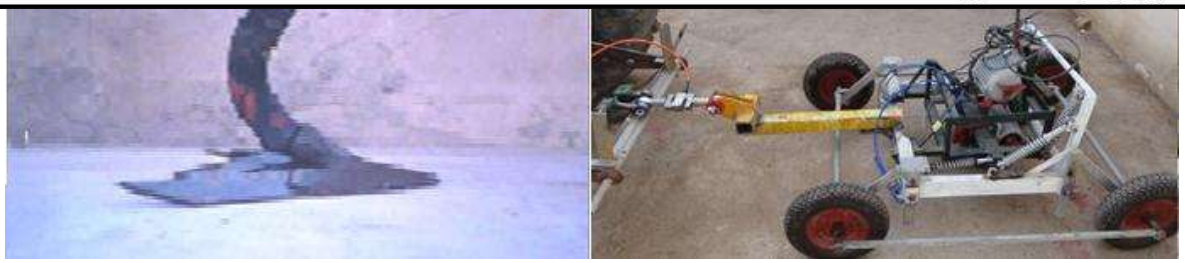
شاهقلی و همکاران (۲۰۱۰) به منظور تعیین فرکانس بهینه با انجام تحقیق روی اثر بسامد و زاویه ارتعاش بر کاهش نیروی مقاومت کششی و نقش سرعت نسبی λ، بیان نمود که بر خلاف تحقیقات گذشته با افزایش فرکانس درحالیکه λ کمتر از یک باشد نیز می‌توان شاهد کاهش نیروی مقاومت کششی بود(Shahgoli et al., 2010).

پیشروی (۴ تا ۱۴/۵ کیلومتر در ساعت) بر مقاومت زیرشکن نشان داد، که مقاومت کششی زیرشکن با مجذور سرعت پیشروی رابطه دارد(Sakai and Nambo, 1989). مقاومت کششی زیرشکن با مجذور سرعت پیشروی و متناسب با عمق کار تغییر می‌کند، به طوری که با افزایش سرعت پیشروی برای جبران افزایش نیروی مقاومت کششی باید از طول دامنه ارتعاش کاست (Xin et al., 2013). برای هر خاک و خاک‌ورز و سرعت پیشروی، یک بسامد متعارف وجود دارد که می‌تواند منجر به بیش‌ترین کاهش توان کششی و توان ارتعاشی شود که مجموع توان موردنیاز را کمینه نماید، چنان‌چه بسامد ۳/۳ هرتز و سرعت نسبی ۱/۵ را بهترین حالت و در نتیجه کاهش ۲۷ درصدی توان مجموع خاک‌ورزی ارتعاشی نسبت به خاک‌ورزی بدون ارتعاش اعلام شد (Shahgoli et al., 2010). لذا مشاهده می‌شود ایجاد نوعی خاک‌ورزی نوین که علاوه بر در نظر داشتن چالشهایی چون فرسایش خاک و کمبود منابع آب، از نظر توان مورد نیاز و انرژی مصرفی دارای مزیت باشد و در رابطه با انتقال امواج مضر و سلامت راننده تا حد بالایی سودمند باشد، کاملاً توجیه پذیر است.

مواد و روشها

این پژوهش در مزرعه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در خاک لوم رسی سیلتی (که سال قبل به کشت گندم و سال جاری به آیش اختصاص داده شده بود) به تاریخ اسفند ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با شرایط ثابت: عمق خاک‌ورزی ۲۰ سانتی‌متر، رطوبت خاک ۱۶ تا ۱۷٪، زاویه‌ی حمله ۱۵ درجه، و عوامل متغیر ثابت شامل: سرعت پیشروی در دو سطح ۴–۵ و ۷–۸ کیلومتر بر ساعت و بسامد در شش سطح، ۱)ثابت یا بدون ارتعاش، ۲)خودالقایی یا ارتعاش متغیر، و چهار سطح القایی شامل: ۳) مثبت ۱۹ هرتز، ۴) منفی ۱۹ هرتز، ۵) مثبت ۳۷ هرتز و ۶) منفی ۳۷ هرتز، انجام شد. برای انجام این آزمایش چون می‌بایست سه حالت کاملا متفاوت از نظر ارتعاش یعنی ثابت، خودالقایی و القایی ایجاد و مورد آزمون قرار گیرد، الزاماً نسبت به ساخت خاک‌ورز ارتعاشی آزمایشی با یک تیغه کاربردی واقعی و با روش اجرایی ضریب ایمنی بالا[1] اقدام شد. طراحی خاک‌ورز به گونه‌ایست که برای جلوگیری از انتقال ارتعاش به قسمت‌های ناخواسته از قبیل شاسی اصلی و چرخ‌ها، عایق‌بندی ارتعاش قسمت فعال دستگاه که شامل تیغه و سامانه ایجاد ارتعاش است توسط شش فنر با ضریب سختی حدوداً ۱۶ کیلونیوتن بر متر استفاده شد. کار گذاشتن محل فنرها و زاویه آن‌ها به وسیله آزمون و خطا سرانجام منتهی به آرایش موجود در شکل شماره ۱ (راست) 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 مراعات شد.

[1] - Over Design



شکل ۱: (راست) نمای خاک‌ورز آزمایشی و (چپ) تیغه و ساقه خاک‌ورز

مشخصات تیغه خاک‌ورز موجود در شکل ۱ (چپ)، در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات تیغه خاک‌ورز ارتعاشی آزمایشی

عرض تیغه cm	عرض بال cm	زاویه نوک (درجه)	زاویه حمله (درجه)	زاویه خردکنندگی (درجه)	زاویه شکافندگی (درجه)	زاویه تیزی (درجه)
۲۸	۴	۸۰°	۱۵°	۴۵°	۱۵°	۲۵°

چون ایجاد توان مکانیکی برای ایجاد ارتعاش به طریقه‌ی سامانه چرخشی جرم نابرابر از راه مکانیکی سخت و مشکل‌ساز است چراکه کل سامانه تحت ارتعاش قرار داشته و نقطه ثابت نسبی برای انتقال ت

مکانیکی از طریق ایجاد توان الکتریکی به وسیله ژنراتور (شکل ۲) و سپس تبدیل آن به توان مکانیکی از طریق یک الکتروموتور اقدام شود. مزایای این روش انتقال توان عبارت است از: ۱) تغییر جهت ارتعاش توسط یک کلید ساده انتخابی[۲] 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 ۴) انتقال توان با بازدهی۹۹٪ با توجه به مسیر کوتاه کابل (۵ متر). هم‌چنین این روش انتقال توان دارای معایبی نیز می‌باشد از جمله: 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. برای تولید جریان الکتریسیته از یک ژنراتور سه فاز ساخت کشور چین با نام پی‌ام[۳] با توان ۱۰ کیلووات و بیشینه‌ی جریان ۱۸ آمپر، در بسامد ۵۰ هرتز و قطر پولی تسمه محور توان‌دهی ۳۵ سانتی‌متری و پولی ژنراتور ۹ سانتی‌متری، جهت تأمین دور گردشی ژنراتور به میزان ۱۵۰۰ دور در دقیقه و یک الکتروموتور برای چرخاندن سامانه ایجاد ارتعاش روی دستگاه خاک‌ورز با مشخصات ۱۴۱۰ دور در دقیقه وتوان 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 (۱/۵*۳) استفاده شد.

[2] - Selector
[3] - PEM

شکل ۲: نمای تراکتور، ژنراتور و خاکورز ارتعاشی

برای محاسبه‌ی توان مورد نیاز ارتعاش از رابطه‌ی:

رابطه ۱:

$$P = \sqrt{3}\, VI \cos \emptyset$$

P : توان الکتریکی (وات)،V : اختلاف پتانسیل (ولت)، I: شدت جریان (آمپر)، Ø: زاویه فازی (درجه) بین ولتاژ و جریان استفاده می‌شود. پس از محاسبات لازم توان ارتعاش بسامد ۱۹ هرتز برابر با ۰/۶۰ کیلووات و توان ارتعاش بسامد ۳۷ هرتز، برابر با ۰/۷۵ کیلووات محاسبه شد.

صفات مورد بررسی، درصد پوشش بقایای گیاهی روی خاک قبل از خاک‌ورزی و درصد ماندگاری بقایا روی خاک پس از خاک‌ورزی، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها پس از خاک‌ورزی و نیروی مقاومت کششی در حین خاک‌ورزی را شامل شد. درصد پوشش بقایای گیاهی قبل و بعد از خاک‌ورزی ارتعاشی به وسیله طناب ۲۰ متری و از روش برش عرضی خطی انجام شد. بدین صورت که طناب ۲۰ متری به صورت اریب در داخل مستطیل هر کرت از آزمایش کشیده شد و از ۱۰۰ گره که به فاصله ۲۰ سانتی متر از هم قرار داشتند در صورت قرار گرفتن کاملاً عمودی روی یک کلش یا ساقه خوابیده یا ایستاده یک شمارش در نظر گرفته شد

عدد دوم (پس از خاک‌ورزی) به عدد اول (پیش از خاک‌ورزی) و درصدگیری نسبی صفت موردنظر برای کرت مزبور ثبت شد.

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، پس از خاک‌ورزی در هر کرت انجام گرفت و به صورت برداشت حدود ۱۰ کیلوگرم خاک از هر کرت در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر و در هر کرت با ۳ تکرار صورت گرفت. نمونه‌ی ذکر شده روی ۱۱ سرند 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 سرند خود را انتخاب کند و ثابت شود. در مرحله بع

رابطه ۲:

رابطه ۲

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i$$

MWD: قطر متوسط وزنی کلوخه (سانتی‌متر)، Xi: قطر متوسط دو الک متوالی (سانتی‌متر) و Wi: نسبت وزن باقیمانده نمونه خاک روی الک به وزن کل نمونه، نسبت به تحصیل قطر متوسط وزنی اقدام شد (Khaffaf and Khadr, 2008).

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 و نیروی کشش را به دستگاه ثبت داده فرستاده و پس از آن اطلاعات از راه دور به رایانه ارسال می‌شد. رایانه پس از دریافت اطلاعات به صورت خودکار، توان کششی را هم محاسبه و به صورت لحظه به لحظه در محیط نرم‌افزار اکسل ثبت می‌نمود. پس از اتمام خاک‌ورزی هر کرت از ۳۶ کرت مورد آزمایش، ۵ متر اول هر کرت به عنوان شتاب‌گیری و رسیدن به سرعت مطلوب پیشروی و عمق ثابت ۲۰ سانتی‌متری حذف و از ۲۰ متر باقی مانده طول هر کرت داده‌برداری و میانگین‌گیری در محیط اکسل انجام و برای مراحل تجزیه واریانس ذخیره شد.

نتایج و بحث

عملیات آماری تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) صورت گرفت. یافته‌ها به صورت کرتهای یک بار خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی واز طریق تجزیه مرکب دو گانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در جدول شماره‌ی ۲ آمده است. نرم افزار مورد استفاده SAS و در صورت معنی داری هر کدام از عوامل (سرعت پیشروی و بسامد ارتعاش) آزمون دانکن برای مقایسه‌ی میانگین‌ها به کار گرفته شد. اثر بسامد ارتعاش و اثر متقابل بسامد و سرعت پیشروی بر هر چهار صفت مورد بررسی مطابق جدول شماره ۲ و در سطح ۱٪ معنی دار شد. سرعت پیشروی بر قطر متوسط کلوخه‌ها معنی‌دار نشد و بر دیگر صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار شد.

[2-] RTPM: Real Time Tractor Performance Monitoring

جدول ۲: تجزیه واریانس منابع تغییر

منابع تغییر	درجه آزادی	ماندگاری بقایا روی خاک (%)	قطر متوسط وزنی کلوخه (Cm)	توان کششی (Kw)	انرژی مصرفی کشش (Kj)
تکرار	۲	۱۱/۸۶^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}
سرعت	۱	۸۸۰/۱۱**	۰/۳۸^{ns}	۶۲۱/۷۲**	۳۲/۱۷**
خطای اصلی	۲	۳۱/۶۹^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۰/۳۲^{ns}
بسامد	۵	۱۱۰۶/۴۴**	۱/۴۰**	۷۲/۰۹**	۱۶/۲۷**
اثر متقابل (سرعت× بسامد)	۵	۱۲۴/۱۱**	۱/۴۹**	۱۱/۸۷**	۱/۰۷**
خطای فرعی	۲۰	۱۴/۰۱	۵/۷۴	۱۵/۸۸	۴/۱۹
ضریب تغییرات	–	۷/۹۲	۱۳/۹۷	۷/۶۵	۶/۹۳

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

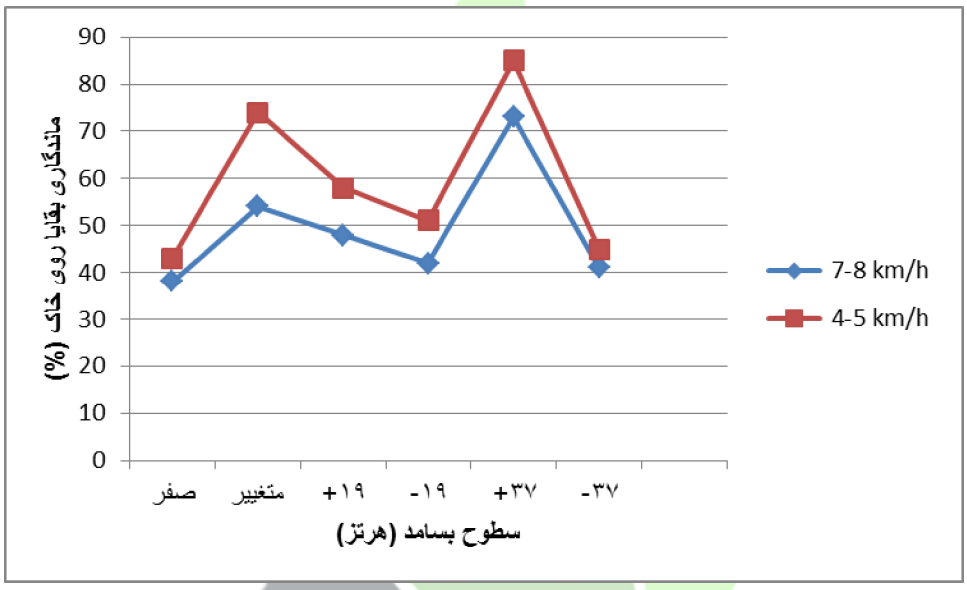
آزمون مقایسات میانگین به منظور تعیین سطوح صفات آزمایش به روش دانکن انجام و نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: مقایسات میانگین صفات اندازه گیری شده به روش دانکن

منابع تغییرات	درصد ماندگاری بقایا روی خاک (٪)	قطر متوسط وزنی کلوخه (Cm)	توان کششی (Cm)	انرژی مصرفی کشش (Kj)
سطوح سرعت (Km/h)				
۵–۴	۵۲/۱۶۷^{a}	۳/۷۲^{a}	۷/۴۹^{b}	۵/۶۵^{b}
۸–۷	۴۲/۲۷^{b}	۳/۹۲^{a}	۱۵/۸۰^{a}	۷/۵۵^{a}
سطوح بسامد (هرتز)				
صفر	۵۹/۵^{a}	۴/۶۳^{a}	۱۸/۲۶^{a}	۹/۶۸^{a}
متغیر	۴۷/۶۶^{c}	۳/۷۵^{bc}	۱۲/۵۵^{b}	۷/۲۶^{b}
+۱۹	۴۷/۸۳^{b}	۳/۳۱^{c}	۹/۱۱^{d}	۵/۴۳^{c}
−۱۹	۵۳/۸۳^{b}	۳/۸۰^{bc}	۱۰/۱۶^{cd}	۵/۷۶^{c}
+۳۷	۲۱^{d}	۴/۰۶^{ab}	۱۰/۴۲^{c}	۵/۸۶^{c}
−۳۷	۵۳/۵^{b}	۳/۳۸^{c}	۹/۳۵^{d}	۵/۶۰^{c}

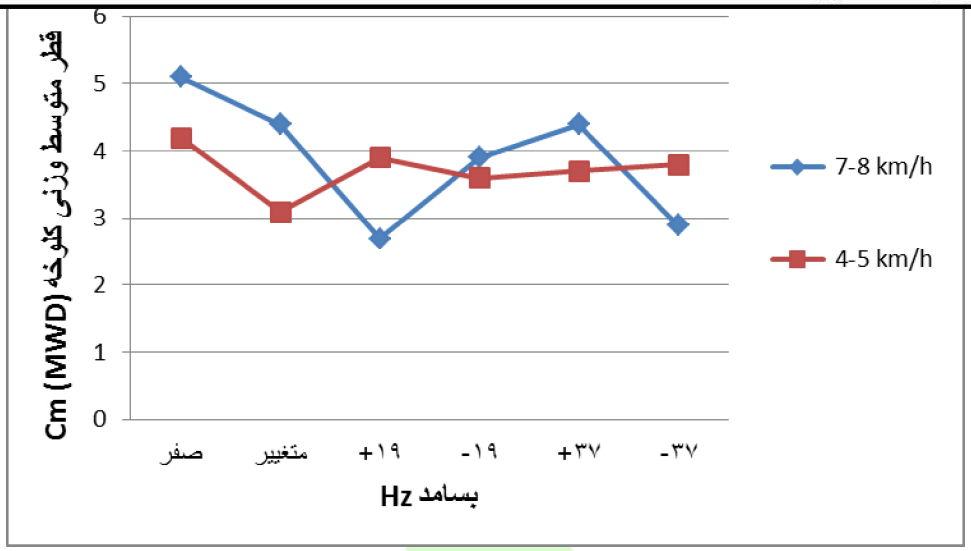
حروف مشابه در هر ستون در یک سطح معنی‌داری قرار دارند

شکل شماره‌ی ۲ آمده است. می‌توان گفت که با افزایش بسامد در هر دو صورت القایی و خود القایی، تیغه سبب باز شدن شیاری در خاک بدون ایجاد آشفتگی در سطح خاک، توسط خاک‌ورز می‌گردد و همین موضوع موجب ماندگاری بیشینه‌ی بقایا بر سطح خاک می‌شود و چنانکه از شکل ۳ پیداست تیمار، با بسامد ۳۷+ در هر دو سطح اول (۴–۵ Km/h) و دوم (۷–۸ Km/h) سرعت پیشروی دارای بیشترین میانگین به ترتیب از قرار: ۸۵ و ۷۴ درصد شده، که با نتایج (Liu et al., 2010) و (Awad-Allah et al., 2009) مطابقت دارد.



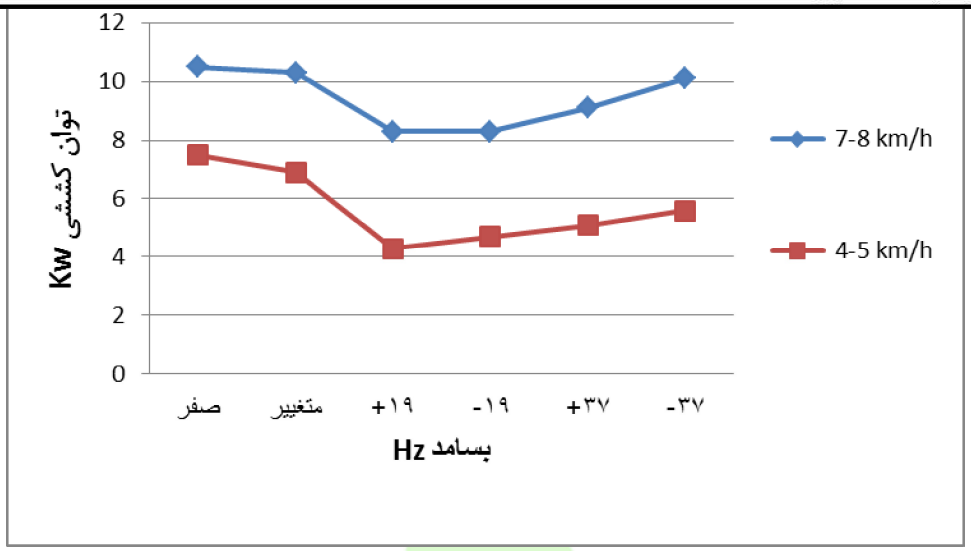
شکل ۳: اثر بسامد در دو سطح سرعت پیشروی (v1: ۴–۵ و v2: ۷–۸ کیلومتر بر ساعت) بر درصد ماندگاری بقایا روی خاک

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 وهمانطور که از شکل ۴ پیداست در سطح اول سرعت پیشروی بسامد خود القایی با ۳/۱ سانتی‌متر، و در سطح دوم سرعت پیشروی بسامد ۱۹+ کمترین قطر کلوخه را به خود اختصاص دادند و این نتایج با یافته‌های (Niamapa and Salokhe, 1993) مطابقت دارد.



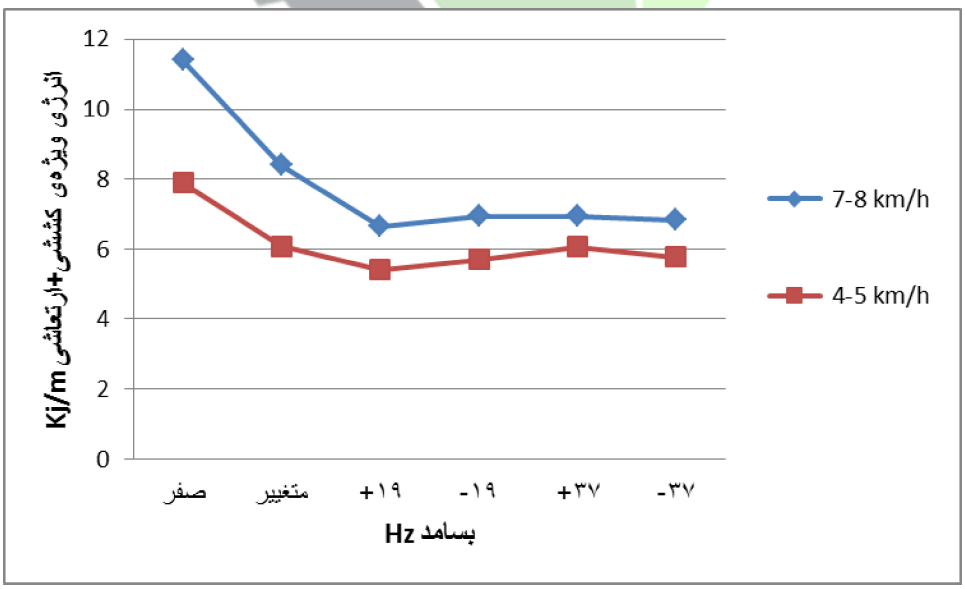
شکل ٤: اثر بسامد در دو سطح سرعت پیشروی بر قطر متوسط وزنی کلوخه (MWD)

اثر بسامد بر توان اعمال شده بر خاک‌ورزی در شکل ۵ آمده و در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است و با اعمال ارتعاش القایی کاهش قابل توجه در توان کششی اتفاق می‌افتد، که به علت کاهش زمان برخورد خاک با تیغه خاک‌ورز و ایجاد 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 بکسواد لاستیک‌ها و افزایش سرعت واقعی پیشروی می‌گردد (همت و همکاران، ۱۳۷۸)که این خود موجب افزایش توان کششی است که به خاک اعمال می‌گردد و نباید آن را ناشی ازناکارآیی ارتعاش در خاک‌ورزی دانست، چون ارتعاش حتی می‌تواند باعث افزایش عمق خاک‌ورزی علیرغم وجود نیروی مؤلفه‌ی عمودی یکسان شود (Sahaya et al., 2009) که اینها باعث افزایش توان کششی می‌شوند. از سوی دیگر چون ارتعاش موجب افزایش بازده کششی می‌گردد، (همت و همکاران، ۱۳۷۸) 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 (Shahgoli et al., 2010) همخوانی دارد.



شکل ۵: اثر بسامد در دو سطح سرعت بر توان کششی

همانگونه که از شکل ۶ برمی‌آید تفاوت کاملاً محسوسی در سطح انرژی مصرفی کششی در اثر بسامد ارتعاش (معنی‌داری در سطح ۱٪ با توجه به جدول ۲) مشاهده می‌شود و 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 (۱۳۸۰) همخوانی دارد. تیمار بسامد ۱۹+ کمترین انرژی مصرفی در هر دو سطح سرعت یعنی به ترتیب برابر با ۴/۷ و ۶/۲ کیلوژول را به خود اختصاص داد.



شکل ٦: اثر بسامد در دو سطح سرعت پیشروی بر انرژی صرف شده‌ی کششی

آزمایش جهت بررسی اثر ارتعاش و سرعت پیشروی بر پارامترهای خاک‌ورزی در شمال اهواز بر روی خاک لوم رسی سیلتی انجام شد و نتایج حاکی از آن است که هر سه عامل بر پارامترهای خاک

جرم نابرابر دارای خواص جالب توجهی است چرا که:

الف) به راحتی می‌توان جهت فاز ارتعاش را در این سامانه تعویض نمود و اهداف خاصی را در خاک‌ورزی دنبال نمود.

ب) می‌توان انتقال امواج مضر ناشی از ارتعاشات به تراکتور را به طور کلی حذف نمود

ج) می‌توان انرژی جنبشی ارتعاش را در حدود نهایی دامنه که باعث استهلاک و اصطکاک بیش از حد می‌شوند و در نهایت به گرما مبدل می‌گردند را به خاک منتقل نمود

د) و بالاخره یک سامانه ایجاد ارتعاش با صرف هزینه‌ی کم‌تر و عمر طولانی‌تری داشت

در مبحث انتقال توان به صورت الکتریکی از تراکتور به خاک‌ورز نیز می‌توان گفت این انتقال توسط عنصر کابل برق که قابل انعطاف است صورت می

انتقال توان از راههای هیدرولیکی و مکانیکی صورت می‌پذیرد. لذا به طور قطع در آینده‌ای نه چندان دور شاهد گسترش استفاده از انرژی الکتریکی و انتقال توان الکتریکی در کشاورزی دقیق و مکانیزاسیون کشاورزی خواهیم بود. باید یادآور شد که در بحث توان کششی مورد نیاز و سطح سرعت پیشروی بدیهی است که با افزایش سرعت پیشروی توان کششی افزایش می‌یابد و توان فاکتور مناسبی جهت مقایسه‌ی سرعت‌های مختلف نیست و شایسته است در این مبحث از انرژی مصرفی کشش استفاده شود، چرا که اگر دو سطح سرعت مختلف از لحاظ توان کششی مورد نیاز مقایسه شوند قبل از آزمایش می‌توان ادعا نمود سرعت بالاتر، توان کششی بالاتری را نیاز دارد اما آنچه مهم است مصرف انرژی کششی مورد نیاز این دو سرعت است که به هیچ عنوان قابل پیش‌بینی نیست و حتماً باید آزمایش مربوط صورت می گیرد.

منابع

۱. ال تی تی، ع. ۱۳۸۸. خاک‌ورزی در بوم نظام‌های زراعی. (ترجمه: کوچکی، ع. و ز، برومند). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص ۴۳۷.
۲. باکینگهام، ف. و آ، پائولی. ۱۳۸۷. سیستم‌های خاک ورزی حفاظتی. (ترجمه: آسودار، م. ا.، و ه، سبزه زار). سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی. معاونت ترویج و آموزش کشاورزی. انتشارات آموزش کشاورزی. ص ۳۴۳.

دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۰. شماره ۴. ص ۵۴-۶۴.

۴. حبیبی، ا. م، ا، آسودار. و ب، خلیل مقدم. ۱۳۹۰. اثر رطوبت خاک، ادوات خاک‌ورزی و سرعت پیشروی بر توزیع خاکدانه‌ها در دو نوع خاک لوم و لوم رسی سیلتی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی ومنابع طبیعی رامین خوزستان. ص ۹۷.

۵. شاکری، م. ۱۳۸۰. تاثیر نوع تیغه و سرعت حرکت بر مصرف سوخت و شدت سایش تیغه‌ها در گاو آهن برگردان‌دار. مجله علوم کشاورزی ومنابع طبیعی. سال هشتم. شماره۱. ص ۹۳-۱۰۱.

۶. گجری، م.، آرورا، ب. و ب، پری هار. ۱۳۸۵. نظام‌های خاک‌ورزی در کشاورزی پایدار. (ترجمه: ذاکری، ح. و ن، کاظمی). انتشارات دانشگاه ایلام. ص ۲۴۳.

۷. محمدی گل، ر.، ا، جوادی.، و م، قضاوی. ۱۳۸۴. مقایسه دو دستگاه گاو آهن برگرداندار سه خیش و اثر آن بر خواص فیزیکی خاک. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ص ۱۵.

۸. ووک، و. ۱۳۹۰. ارتعاشات ماشین‌های صنعتی. (ترجمه: رفعیان، م، و ح، عزیزیان). انتشارات دانشگاه یزد. ص ۴۴۷.

۹. همت، ع.، صادق نژاد، ح. ر.، ر، علیمردانی. ۱۳۷۹. مقاومت کششی زیر شکن تیغه ارتعاشی در دو حالت ارتعاشی و بدون ارتعاش و اثر آن بر خواص فیزیکی خاک. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱. شماره ۱. ص ۱۲۷-۱۴۶.

10. 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. Pp, 1-16.
11. Johnson, E. and F, Buchele. 1969. Energy in Clod-Size Reduction of Vibratory Tillage. Agricultural and Biosystems Engineering. Pp, 370-374.
12. Khaffaf A. and A. Khadr. 2008. Effect of some primary tillage implement " on soil pulverization and specific energy. Farm machinery and power. Pp, 731- 745.
13. Liu, J and Chen, Y. 2010. Effect of Tillage Speed and Srtaw Length on Soil and Straw Movement by a Sweep. Soil and Tillage Research 109 (2010) 9-17
14. 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.
15. Ogban, P. I., Ogunewe, W. N., Dike, R. I., Ajaelo, A. C., Ikeata, N. I., Achumbae . and N yong, E. E. 2008. effect of tillage and mulching practices on soil\;~ properties and growth and yield of cowpea *(vignaj unguiculata (l), walp)* in southeastern nigeria. Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension. Pp, 118-128.
16. 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.
17. Sakai , h. and s, Nambo. 1989. The dynamic behaviour of a tractor vibrating subsoiler system and the effect of the virtual hitch point journal of terramechanics. 25(4):247-241.
18. Shahgoli, G., Fielke, J., Dcsbiolles, J., and C, Saunders. 2010. Optimising oscillation frequency in oscillatory tillage. Soil & Tillage Research. Pp, 202-210.
19. 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.
20. Sono, s. and r, Setiawan. 2010. Analytical study of self-excited vibration on single degree of freedom vibrator tillage. Arpn journal of engineering and applied sciences. 5(6): 61-66.
21. 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.

Vibratory Subsoiler system. J., of Theoretical and Applied Information Technology. Pp, 1195-1201.

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

Behrooz goudarzi[1] Mohammad Amin Asoodar[2] Navab Kazemi[3]

Abstract

Today, however, intensive soil tillage intensity is declining, and in some cases eliminated, but due to problems such as chemical contamination caused consumption weed killers and problems with climate and soil conditions, however, as a mechanical soil tillage needed. A Research with an experimental design was split plot in a randomized complete block design to evaluate the effect of vibratory soil tillage soil tillage and challenge pre like energy and bury the residue in the soil tillage, at University farm Ramin Agriculture and Natural Resources, in March 2013 was done. Main plot treatments consisted of two levels of velocity: 5-4 and 8-7 km/h and vibration with a frequency of six sub-plot level: 0, variable (no excited), + 19, -19, +37 and -37 Hz traits measured were: percentage of residue remaining on the soil clod mean weight diameter and traction strength. The results showed that the frequency of vibration on remains life, soil clod mean weight diameter and traction strength was much means that The frequency of the vibration frequency of +19 minimum tensile strength of 6.3 kW and +37 frequency remains the highest survival rate of 79.5% and a minimum soil clod mean weight diameter was seen on -37 frequency with 3.35 centimeter.

Key words: vibration, frequency, traction, vibratory tillage, precision tillage