روند توسعه و تکامل جهانی تیلرها (POWER TILLER) در راستای رفع نواقص و بهبود راندمان آن‌ها

افسانه سلیمانی[1*]، محمدحسین عباسپورفرد [2] ، عباس روحانی [3] ، محمدحسین آق خانی [4]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳. دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:

تیلرها تراکتورهای دو چرخی هستند که معمولاً در مزارع کوچک‌مقیاس، گلخانه‌ها، باغات، شالیزارها، مناطق شیب‌دار وکوهپایه ای و در جاهایی که حرکت تراکتور و ماشین‌آلات کشاورزی سنگین دشوار است بیش‌ترین کاربرد را دارند. این دستگاه‌ها برای عملیات کشاورزی مثل: شخم و شیار، وجین علف‌های هرز، سله‌شکنی، کود دادن و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از آن‌ها کار پرزحمت کشاورز را کاهش می‌دهد و در زمان صرفه‌جویی می‌شود، به‌گونه‌ای که بخش عمده‌ای از توسعه باغات در مقیاس خرده مالکی مدیون عرضه گسترده این وسایل به بازار است. در این مقاله ضمن دسته‌بندی انواع تیلرها که در شالیزار، باغات، مزارع به کار می‌روند، تحقیق‌هایی که در راستای روند توسعه و تکامل، بهبود عملکرد و رفع مشکلات و ایمنی آن‌ها صورت گرفته است را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در زمینه تیلرهای وجین‌کن برای مزارع کوچک‌مقیاس و شالیزارها و بهبود سطح توسعه و مکانیزاسیون آن‌ها از لحاظ سیستم انتقال توان، بهبود بازده توان، نوع کاربرد، عملکرد اقتصادی آن‌ها، اثرات فیزیولوژیکی استفاده از تیلرها در شالیزار و غیره تحقیق‌های مفیدی انجام شده است. بروز و ظهور مینی تیلرهای الکتریکی بسیاری از مشکلات تیلرها مانند چرخیدن و دور زدن در حواشی زمین را مرتفع نموده است. در زمینه کاهش نرخ حوادث جرحی با تیلر و حذف ارتعاش و فشار وارده به انسان راه‌حل‌های مفیدی ارائه شده است.

کلمات کلیدی:

تیلرها، تراکتورهای دو چرخ، تیلرهای الکتریکی، کوچک‌مقیاس

***نویسنده مسئول: آدرس a.soleimani98@mail.um.ac.ir**

روند توسعه و تکامل جهانی تیلرها (POWER TILLER) در راستای رفع نواقص و بهبود راندمان آن‌ها

مقدمه

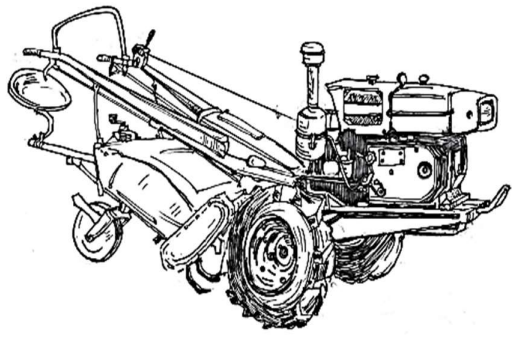
کشورهایی مثل ایران، چین، ژاپن، هند، تایلند، اندونزی و کشورهای جهان سوم دیگر که متوسط سطح اراضی کشاورزی آن‌ها کمتر از ۵ هکتار است برنامه های یکپارچه سازی اراضی برای مکانیزه کردن مزراع خیلی موفقیت آمیز نبوده است و لذا متوسل به راه‌حل جایگزین که توسعه دستگاه های کوچک است، روی آورده‌اند. در نتیجه برای اجرای این سیاست به تیلرها و ماشین‌آلات دستی و کوچک نیاز دارند [2].

تیلرها تراکتورهای دو چرخی می‌باشند که به نام‌های تراکتور تک محوره، تراکتور دستی، تراکتور پیاده‌رو[1] معروف هستند و به‌منظور مکانیزه کردن برخی از امور کشاورزی و آماده‌سازی زمین از قبیل شخم زدن، پودر کردن خاک، کود دادن، از بین بردن علف‌های هرز و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیلرها معمولاً در مزارع کوچک و باغات مثل باغ انگور و پسته به کار می‌روند. همچنین وجین‌کن تیلری یک ماشین سودمند است که در گیاهانی که فاصله کمی بین آن‌ها وجود دارد مانند بادام‌زمینی، نیشکر، دانه‌های سویا و غیره به کار می‌روند. کارکرد و قابلیت های تیلر بسیار مشابه تراکتور می‌باشد اما مزیتی که نسبت به تراکتور دارد کوچک بودن و قابل استفاده بودن در محیط های کوچک مانند باغچه‌ها می‌باشد و در جاهایی که حرکت تراکتور و ماشین‌آلات کشاورزی سنگین دشوار است، بیشترین کاربرد را دارند. تیلرها همچنین قابلیت کار کردن در زمین‌های گلی مثل شالیزارها و زمین‌های ناهموار را دارا می‌باشند [16].

منظور از تیلر توانی[2] که در این تحقیق در مورد آن بحث می‌شود تیلری است که نیروی موردنیاز خود را از یک منبع خارجی مثل موتور دریافت می‌کند، تیلرها از لحاظ منبع تأمین انرژی به دسته دیزلی، بنزینی، الکتریکی تقسیم می‌شوند هم‌چنین انواع دسته‌بندی تیلرها از نظر قدرت شامل:

۱. تیلرهای سنگین

این نوع از تیلرها بیشتر در شالیزار برای شخم و شیار مورد استفاده قرار می‌گیرند و توان بین ۱۰ تا ۱۵ اسب بخار دارند و موتور آن‌ها دیزلی و در اندازه بزرگ‌تری نسبت به بقیه تیلرها می‌باشند.

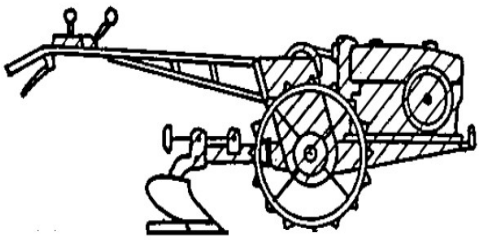


[1] Walking Tractor
[2] Power Tiller

شکل ۱. تیلر سنگین شخم‌زن باغی و شالیزاری

۲. تیلرهای نیمه سنگین

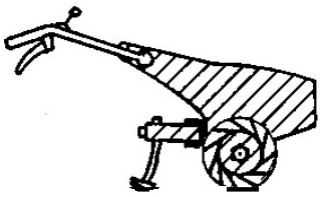
این نوع تیلرها از پرکاربردترین دستگاه‌ها و ماشین‌آلات صنعت کشاورزی و باغبانی می‌باشند، در باغات و مزارع کوچک و شالیزارها برای شخم و شیار، نهرکنی، وجین علف‌های هرز، سله‌شکنی، حمل بار و غیره کاربرد دارند و توان بین ۵ تا ۱۰ اسب بخار دارند و موتور آن‌ها به صورت دیزلی و یا بنزینی می‌باشد.



شکل ۲. تیلر نیمه سنگین متصل به ادوات کششی برای شیارکنی

۳. تیلرهای سبک

در باغات، گلخانه‌ها و شالیزارها برای از بین بردن علف‌های هرز به کار می‌روند و توان زیر ۵ اسب بخار دارند و منبع تأمین انرژی آن‌ها موتور بنزینی و الکتریکی می‌باشد.



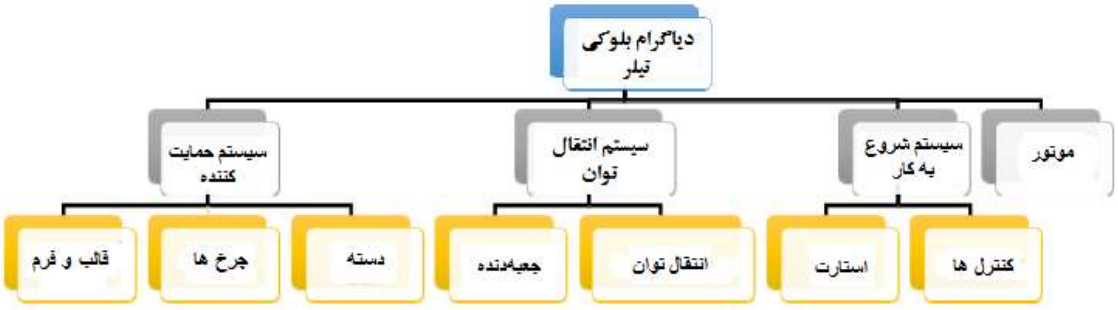
شکل ۳. تیلر سبک وجین‌کن باغی و مزرعه‌ای

یکی از چالش‌های کشاورزان، کنترل مکانیکی علف هرز مزارع، باغات و به‌خصوص در نواحی اطراف ردیف گیاهان و درختان می‌باشد. استفاده از تیلر علاوه بر حذف علف‌های هرز، تنفس بهتر خاک و ظرفیت پذیرش آب را بهبود می‌بخشد [12].

در شالیزارها اهمیت عمل هوادهی خاک آن‌قدر زیاد است که به اندازه مبارزه با علف‌های هرز اهمیت دارد. در اثر تجزیه تدریجی بقایای گیاهی و علف‌های هرزی که به هنگام خاک‌ورزی و تسطیح نهایی در زیر خاک دفن می‌گردند گازهایی در اطراف ریشه گیاه تولید می‌شوند که سبب ایجاد مسمومیت برای گیاه می‌شوند. با انجام عملیات وجین به‌ویژه با استفاده از وجین‌کن‌های مکانیکی براثر به هم زدن خاک با ایجاد شکاف‌هایی در سطح خاک، شرایط برای خروج این گازها و نفوذ اکسیژن به‌جای آن‌ها فراهم می‌شود از مزایای وجین به روش مکانیکی می‌توان به کاهش هزینه تولید، کاهش زمان اجرای عملیات، کاهش مصرف علف‌کش‌های شیمیایی و هوادهی کامل خاک و خروج گازهای خفه کننده از اطراف ریشه می‌باشد [3].

همچنین یکی از مشکلات و اشکالات مهم کار با تیلرها ایجاد ارتعاش شدید است که در حین کار از طریق دسته‌ها به بدن کاربر منتقل می‌شود. علاوه بر این سختی کنترل این وسیله باعث بروز حوادث ناگوار شده است که نمونه‌های متعدد آن حتی منجر به مرگ کاربر شده است. برای مثال عنوان شده است که ارتعاش و صدای ناهنجار تولید شده توسط تیلرها باعث بروز صدمات زیادی به کاربر ازجمله ناراحتی و درد در دست‌ها و بازوها و خستگی زودهنگام می‌شود [1].

با توجه به شکل ٤ که دیاگرام بلوکی تجزیه سیستم تیلرها را نشان می‌دهد ابتدا سیستم شروع به کار فعال می‌شود و موتور روشن می‌شود و سیستم انتقال توان، توان به چرخ‌ها و واحد عمل‌کننده انتقال می‌دهد. تحقیق‌هایی که در این مقاله بررسی شده روی سیستم انتقال توان، سیستم حمایت کننده و ایمنی و کاهش ارتعاش وارده به کاربر از طرف دسته و هم‌چنین اثرات بیولوژیکی وارده به انسان در اثر استفاده از تیلرها کار کرده‌اند.



شکل ٤. نمایش دیاگرام بلوکی تیلر

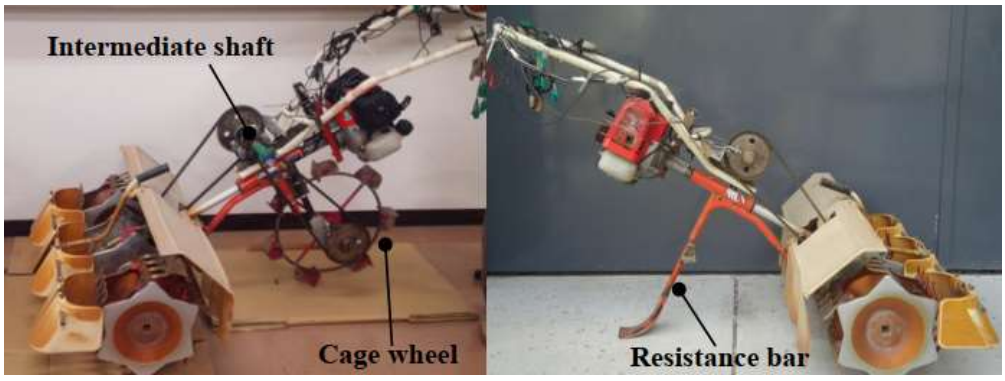
نتایج و بحث

در تحقیقی روی افزایش بهره‌وری وجین‌کنی تیلر با توان ۲ کیلووات که موتور بنزینی دو زمانه و وزن ۲٤.٥ کیلوگرم دارد کار شده است تا در حاشیه زمین و انتهای ردیف‌ها راحت‌تر بتوان با آن دور ایجاد کرد. تقریباً ابتدایی‌ترین تیلر که در شالیزارهای چین استفاده شده مطابق شکل ٥ به تیلرهای پنجه آبی[1] معروف بوده‌اند و این نام به علت رطوبت زیاد شالیزارها بوده است. به علت شرایط خاک شالیزارها که خاک مرطوب و سستی دارند لغزش تیلر در آن زیاد اتفاق می‌افتد و کنترل آن به مهارت و تجربه کاربر بستگی دارد. بهره‌وری وجین[2] با این تیلر پایین است در این تحقیق برای افزایش بهره‌وری وجین روی سیستم انتقال توان تیلر کار شده است به این طریق که سرعت انتقال توان از موتور به شافت محرک تیلر که تیغه‌ها روی آن قرار دارند توسط قرار دادن چرخ‌دنده حلزونی با نسبت ۳۳:۱ کاهش می‌دهد با این کار سرعت حرکت تیغه‌ها برای وجین کاهش می‌یابد و توان با سرعت آرام‌تری انتقال داده می‌شود در نتیجه بهره‌وری وجین افزایش می‌یابد [11].

[1] Hydro Tiller
[2] Efficiency Weed

شکل ۵. تیلر پنجه‌ای برای وجین کنی در شالیزار

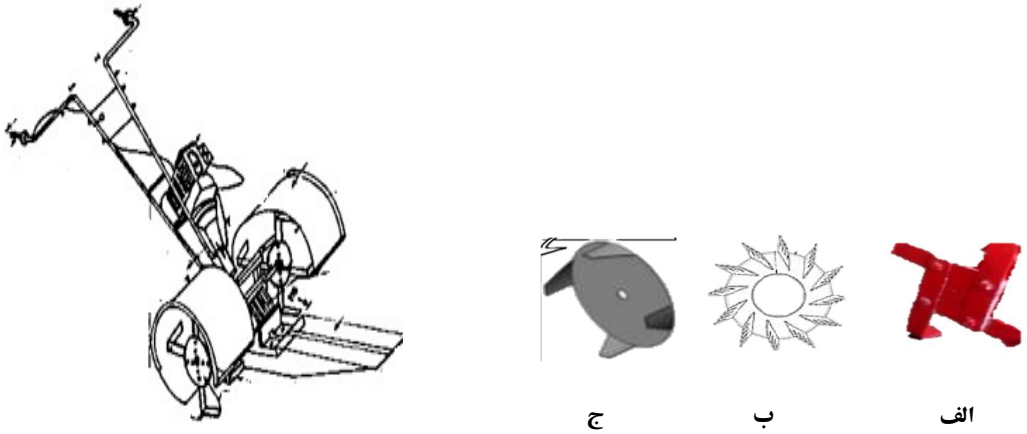
در تحقیق دیگری برای کاهش لغزش تیلر که در تحقیق قبلی بحث شـــد، یک چرخ محرک با زائده‌هایی که روی محیط اطراف دایره‌ای آن قرار دارد برای کاهش لغزش در پشـت تیلر طراحی شـد، با توجه به شـکل ٦ سـمت چپ در پشت تیلر چرخ محرک طراحی شده به‌جای میله تکیه‌گاهی که در مدل قبلی سمت راست شکل وجود دارد قرار دادند، با این کار مقدار لغزش تیلر در زمین کاهش پیدا کرد و عملکرد کششی آن افزایش پیدا کرد [11].



شکل ٦ تیلر پنجه‌ای اصلاح شده سمت چپ و تیلر موجود سمت راست

هندریادی و همکاران (۲۰۱٦) روی اصلاح چرخ تیلر از نظر بهبود عملکرد کششی کار کرده‌اند. مقادیر اندازه‌های چرخ و زاویه قرارگیری زائده‌ها روی چرخ در عملکرد چرخ، لغزش چرخ، مقدار فرورفتگی آن، توان کششی و بهره-وری کششی تیلر تأثیر زیادی دارد، بنابراین در این تحقیق چند نمونه چرخ با اندازه‌های مختلف ۱) ۸۰×۲۷۵ ؛ ۲) ۸۰×۳۷۵ ؛ ۳) ۸٦×۲۷٦ ؛ ٤) ۸۰×۳۲٦ (اندازه ها به میلی‌متر است) مورد آزمون قرار گرفت و اندازه ۸۰×۳۲٦ میلی‌متر به‌عنوان بهترین اندازه چرخ از نظر پایین‌ترین مقدار لغزش، فرورفتگی، بالاترین مقدار از نظر توان کششی و بهره‌وری کششی دارد انتخاب شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که زاویه ۳۵ درجه قرارگیری زائد روی چرخ بهترین عملکرد کششی برای تیلرها ایجاد می‌کند [5].

ناروواریا و همکاران (۲۰۱٦) روی یک مدل جدید تیلر با توان ۱/٤ کیلووات کار کردند چون کنترل و کار کردن با تیلرهای قبلی در شالیزار به مقدار زیادی به مهارت کاربر بستگی دارد ولی این مدل سختی کار کردن با تیلر برای کاربر به مقدار زیادی کاهش می‌دهد به این طریق که سیستم انتقال توان تغییر داده است و از یک جعبه‌دنده آلومینیومی سبک وزن که به صورت عمودی بعد از موتور قرار گرفته توان به واحد تیغه‌ها انتقال می‌دهد. همچنین یک قطعه پلاستیکی به عنوان شناور در زیر تیلر قرار داده تا از لغزش آن جلوگیری کند و عملکرد ارزیابی سه نوع تیغه الف) تیغه دوار (تیغه L شکل) ب) تیغه کونو ج) تیغه گردشی مطابق شکل 7 روی تیلر برای مقادیر بهره‌وری مزرعه‌ای و خسارت وارده به گیاه بررسی و ارزیابی کرده است و بیشترین بهره‌وری مزرعه‌ای برای مدل تیغه دوار به دست آمده و بیشترین خسارت وارده به گیاه برای تیغه دوار به دست آمده است [10].

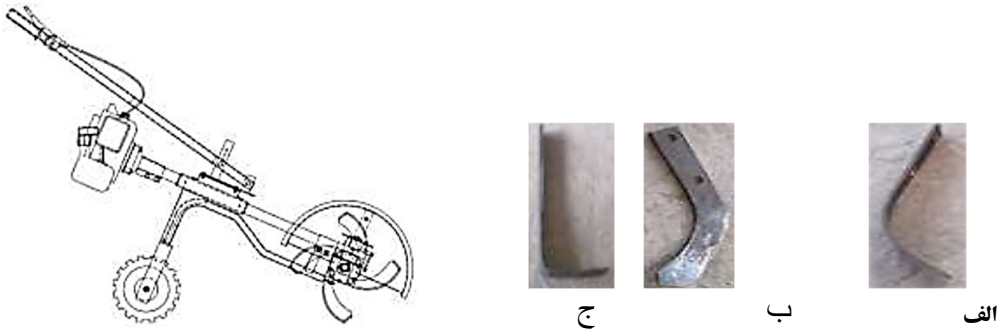


شکل ۷. تیلر ساخته شده الف) تیغه دوار ب) تیغه کونو ج) تیغه گردشی

سائو و همکاران (۲۰۱۸) روی اصلاح تیغه‌های تیلر کار کرده‌اند، در تحقیق قبلی تیغه دوار بیشترین بهره‌وری مزرعه‌ای را داشت ولی مشکلی که داشت خسارت زیادتری به گیاه وارد می‌کرد برای حل این مشکل تیغه ساتوری[1] مطابق شکل 8 که از ترکیب مدل تیغه‌های L و C شکل به دست آمده‌اند طراحی شد، ارزیابی عملکرد آن با تیغه دوار

[1] Hatchet Blade

و C شکل بررسی شده است و بهره‌وری وجین نسبت به دو مدل تیغه‌ی دیگر بیشتر به دست آمده و خسارت وارده به گیاه با این تیغه نسبت به تیغه دوار خیلی کمتر شده است و از لحاظ رضایت‌مندی کاربر بالاترین میزان رضایت را داشته‌اند. همچنین میزان افزایش ضربان قلب کاربر در اثر استفاده از هرکدام از تیغه‌ها روی تیلر اندازه‌گیری شد و تیغه ساتوری از لحاظ سلامت کاربر سالم‌تر تعیین شد [17].

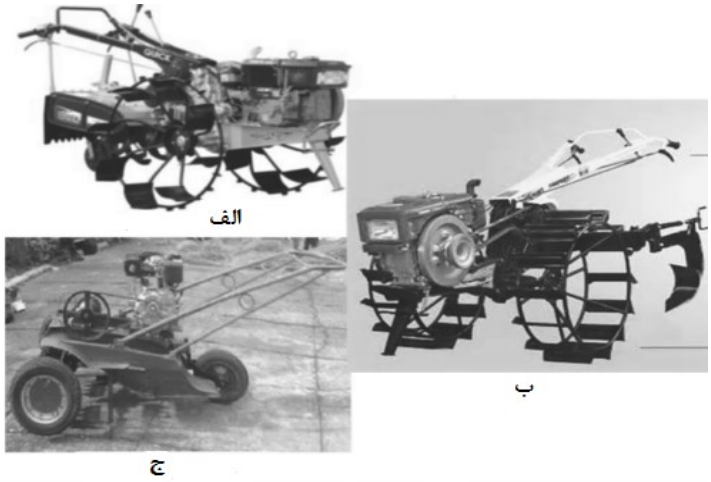


شکل ۸. تیلر اصلاح شده الف) تیغه ساتوری ب) تیغه C شکل ج) تیغه دوار (L شکل)

سیرمور و همکاران (۲۰۱۸) روی تیلر تک ردیفه که کاربر به راحتی و بدون هیچ مهارتی می‌تواند با آن کار کند کار کرده‌اند. برای کم‌وزن کردن بیشتر تیلر از جعبه‌دنده با جنس آلومینیوم در آن استفاده شده است مطابق شکل 9 یک محافظ برای واحد تیغه‌ها قرار دادند که علاوه بر محافظت از تیغه‌ها از پرتاب خاک یا علف‌های هرز به طرف کاربر جلوگیری کند و مطابق با مدل قبلی از قطعه پلاستیکی به عنوان شناور در زیر تیلر استفاده کرده‌اند و همچنین از نظر عملکرد تعداد تیغه که بر روی هر فلنج (قطعه‌ی دایره‌ای شکل که تیغه‌ها روی آن بسته می‌شود) قرار می‌گیرد تیلر مورد ارزیابی قرار داده است و استفاده از ٤ یا ٦ تیغه بنابر آزمون‌هایی که انجام شد روی هر فلنج پیشنهاد می‌شود و از این تعداد بیشتر تیغه توان زیادی مصرف می‌شود و خسارت زیادی به گیاه وارد می‌کند [15].

شکل ۹. تیلر تک ردیفه توسعه یافته برای برنج

پامان و همکاران (۲۰۱۵) روی عملکرد کاری و مقایسه اقتصادی سه تا تیلر الف) تیلر دوار ، ب) تیلر کششی ، ج) تیلر پنجه‌ای، که در شکل 10 نشان داده شده و برای وجین محصول برنج استفاده می‌شوند کار کرده‌اند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که کار انجام شده و عملکرد کاری تیلر پنجه‌ای مطابق جدول ۱ نسبت به بقیه تیلرها بیشتر است و استهلاک آن نیز نسبت به بقیه از همه کم‌تر است و تنها مصرف سوخت آن نسبت به تیلرهای دیگر از همه بیش‌تر است بنابراین هنوز در وجین شالیزار از تیلر پنجه‌ای استفاده می‌کنند و استفاده از آن برای وجین محصول برنج نسبت به بقیه تیلرها ارجحیت دارد و تنها مشکل، کنترل آن‌ها است که به مهارت کاربر بستگی دارد [13].



شکل ۱۰. سه نوع تیلر مورد آزمون الف) تیلر دوار ب) تیلر کششی ج) تیلر پنجه آبی

جدول ۱. مقایسه اهمیت نسبی عملکرد کاری و استهلاک و مصرف سوخت سه نوع تیلر

نوع تیلر	تیلر دوار	تیلر کششی	تیلر پنجه آبی
کار انجام شده برحسب ٪	۳٤	۲۹	۵۰
مقدار استهلاک برحسب ٪	٤٤	۲٦	٤٤
مصرف سوخت برحسب ٪	۸	۹	۱۱

تانت و همکاران (۲۰۱۹) روی بهبود و اصلاح چرخ‌دنده‌های جعبه‌دنده تیلر به منظور افزایش سرعت انتقال آن کار کردند. در تیلر از چرخ‌دنده‌های مختلفی مانند چرخ‌دنده مستقیم، چرخ‌دنده حلزونی، چرخ‌دنده پینیونی استفاده شده که در جعبه‌دنده تیلر برای انتقال توان از یک شافت به شافت دیگر بنابر آزمون‌هایی که انجام شده بهتر است از چرخ‌دنده‌هایی با دندانه مستقیم استفاده شود و برای افزایش سرعت انتقال، تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده‌های اخری جعبه‌دنده که به محور محرک تیلر متصل است کاهش داده و با این کار گشتاور کاهش و سرعت انتقال توان افزایش می‌یابد [18].

در تحقیق دیگری روی تیلری که در باغ و مزرعه کاربرد دارد برای شخم سطحی، وجین، سله‌شکنی استفاده می‌شود کار شده است. موتور آن ٦ اسب بخار و انتقال نیرو از موتور به تیغه‌ها مطابق شکل ۱۱ با زنجیر و چرخ‌دنده خورشیدی می‌باشد که به صورت افقی در جلوی آن قرار داده شده و توان به تیغه‌ها انتقال داده می‌شود. ظرفیت مزرعه‌ای و عملکرد آن در مزرعه و زمین کوچک بسیار مورد توجه کاربران بوده است، از مشکلات آن استهلاک زیاد سیستم انتقال توان و وزن زیاد آن برای کنترل توسط کاربر می‌باشد [4].

شکل ۱۱. توسعه و ارزیابی تیلر کوچک‌مقیاس

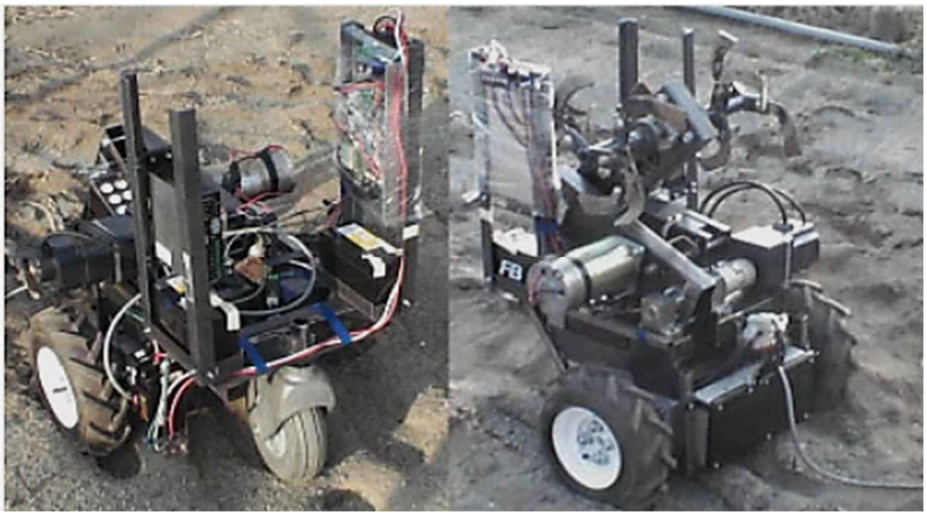
کادو و همکاران (۲۰۱۷) روی تیلر ۳/۵ اسب بخار برای گلخانه‌ها و مزارع کوچک کار کردند، تیلر مطابق شکل ۱۲ ساخته شد چون اندازه‌ی تیلر در مقیاس کوچک طراحی شده به آن میکروتیلر[1] می‌گویند. سیستم انتقال توان بهبود

[1] Micro Tiller OR Mini Tiller

و توسعه داده شد، توان از موتور به تیغه‌ها توسط تسمه لاستیکی و پولی که به صورت عمودی توان انتقال می‌دهند می‌باشد. این سیستم استهلاک خیلی کمی دارد و وزن تیلر به مقدار زیادی کاهش داده شد تا جابه‌جایی و دور زدن با آن آسان‌تر شود [7].

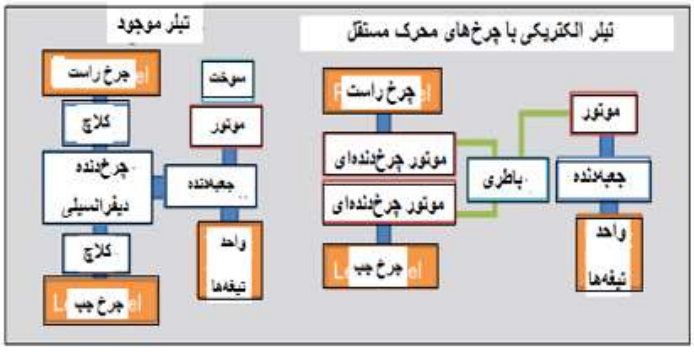
شکل ۱۲. نمایش یک میکرو تیلر یا مینی تیلر توانی

در تحقیق دیگری روی تیلر الکتریکی کار شده است و متوجه شدند که در هنگام دورزدن با تیلر در حواشی زمین و انتهای ردیف‌ها نیرو و فشار اضافی به کاربر وارد می‌شود برای حل این مشکل مطابق شکل ۱۳ از دو موتور الکتریکی در قسمت تیغه‌ها استفاده کردند که در هنگام دورزدن تیلر واحد تیغه‌ها به سمت بالا جابه‌جا شود و تیلر به راحتی بتواند دور ایجاد کند درنتیجه مانور پذیری آن افزایش می‌یابد و از فشار و نیروی وارده به کاربر جلوگیری می‌شود [14].



شکل ۱۳. تیلر توانی الکتریکی برای گلخانه، تیلر در حال کار (سمت چپ) و تیلر در حال دور زدن (سمت راست)

آیکوما و همکاران (۲۰۱۵) روی تیلر الکتریکی و مشکل حرکت تیلر در یک مسیر باریک و مستقیم کار کرده‌اند به علت اینکه در زمان حاضر تعداد کشاورزان غیر حرفه‌ای در حال افزایش است کنترل و راندن تیلر در امتداد یک خط مستقیم مشکل است برای حل این مشکل تیلر الکتریکی با چرخ‌های محرک غیر وابسته مورد بررسی قرار گرفت مطابق شکل ١٤ تیلرهای موجود از دو کلاچ و چرخ‌دنده دیفرانسیلی بین دو چرخ زمین استفاده شده است که در این تحقیق از دو موتور چرخ‌دنده‌ای به‌جای کلاچ‌ها و چرخ‌دنده دیفرانسیلی استفاده شده است تا چرخ‌ها به‌صورت واحد محرک مستقل بتوانند عمل کنند و تیلر به‌راحتی در مسیر باریک و مستقیم بتواند حرکت کند و دور ایجاد کند [6].



شکل ١٤. تیلر موجود و تیلر الکتریکی با چرخ‌های محرک مستقل

در تحقیقی روی پاسخ فیزیولوژیکی در طی فعالیت‌های مختلفی که در شالیزار با تیلر و شخم و شیاری که در مزرعه با تیلر انجام می‌شود بر روی کاربر کار شده است. به این منظور نرخ ضربان قلب و نرخ مصرف اکسیژن برای ٦ نفر در حال کار با تیلر طی چند فعالیت مثل: شخم وشیار و وجین در شالیزار و شخم در مزرعه این اندازه‌گیری‌ها انجام شده است. طبق نتایج این آزمون نرخ افزایش ضربان قلب و نرخ مصرف اکسیژن برای کاربرانی که در حال شخم وشیار در شالیزار بوده‌اند نسبت به کاربران دیگر بیشتر به دست آمده است و یک سیر صعودی داشته است و این به علت شرایط سخت زمین شالیزار و مستحکم نبودن خاک آن و در پی آن نامتعادل بودن بدن کاربر حین عملیات در شالیزار می‌باشد؛ بنابراین شخم و شیار یک فعالیت سخت و فعال در مقایسه با فعالیت‌های دیگری که در شالیزار و مزرعه انجام می‌شود می‌باشد. در نتیجه کاربر بایستی در طول این عملیات توقف و استراحت‌هایی داشته باشد تا از هرگونه اثرات بیماری روی سلامت کاربر جلوگیری شود. شالیکاران هندی برای حل این مشکل از تیلر کنترل از راه دور برای شخم وشیار شالیزارهای خود استفاده می‌کنند [19].

بیزکی و همکاران (۱۳۹۷) طی تحقیقی روی ارزیابی مواجهه کاربر با ارتعاش توسط یک تیلر ۷ اسب بخار کار کرده‌اند. از مهم‌ترین مشکلات کاربران تیلر ارتعاش تیلر است که باعث خستگی و گرفتگی و درد در دست‌ها و شانه‌ها می‌شود. برای این‌کار یک دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش روی دست کاربر که در حال کار کردن با تیلر است قرار داده می‌شود تا مقادیر ارتعاش در جهت‌های مختلف روی دست کاربر اندازه‌گیری کند. مطابق با مقادیر اندازه‌گیری شده زمانی که کاربر در حال کار کردن با تیلر است بیش‌ترین مقدار ارتعاش به کاربر وارد می‌شود [1]. برای کاهش ارتعاش وارده به کاربر در تحقیقی روی طراحی سیستم جذب کننده شوک روی دسته تیلر نیمه سنگین ۱۰ اسب بخار برای کاهش انتقال ارتعاش به کاربر کار شده است یک سیستم فنر و دمپر ارزان قیمت که به‌صورت اتصال خارجی و به عنوان سیستم تعلیق خارجی به دسته تیلر متصل می‌شود و مقدار ارتعاش ۲۵ درصد کاهش پیدا می‌کند [20].

لیو و همکاران (۲۰۱۸) روی طراحی وسیله کم‌هزینه میراکننده ارتعاش تیلر سبک ۵ اسب بخار کار کردند این وسیله میرا کننده از فنرها و لاستیک‌های جذب ارتعاش ساخته شده است که بین شاسی و دسته تیلر قرار داده‌اند و میزان ارتعاش قبل و بعد از استفاده از این وسیله میرا کننده اندازه‌گیری شده است و مقدار ارتعاش به اندازه‌ی ۳۰ درصد کاهش داشته است [8].

در تحقیق دیگری روی ارتعاش موتورهای الکتریکی کارشده است، موتورهای الکتریکی علاوه بر وزن کم، دامنه سرعت بیش‌تری نسبت به موتورهای احتراقی دارند که یکی از مزایای این امر باعث کاهش نیاز به جعبه‌دنده می‌شود. اما چالش اصلی انرژی الکتریکی این است که نمی‌توان آن را به طور موثر از منظر جرم و حجم ذخیره کرد، در ساده‌ترین شرایط، مقدار زیادی باطری برای برابر کردن کارایی سوخت لازم است. نتایج نشان می‌دهد زمانی که مکان مرکز ثقل (جاذبه) به وسیله تغییر مکان مجموعه باطری‌ها ۲۰ سانتی‌متر به طرف دسته تیلر جابه‌جا شود یعنی مجموعه باطری به فاصله بین موتور و دسته تیلر انتقال پیدا کند مقدار ارتعاش دسته ۲۰ درصد تحت این شرایط کاهش پیدا می‌کند [9].

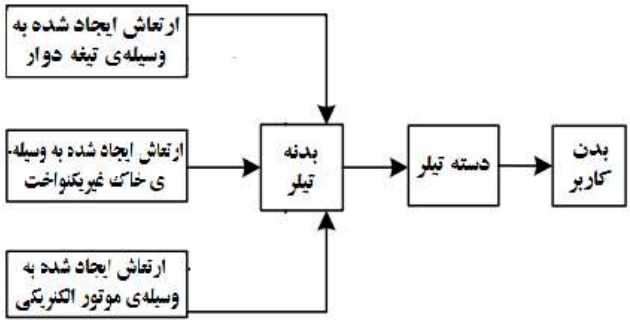
از مشکلات دیگر تیلرها نرخ تصادفات تیلر است که ناشی از وارونه شدن آن و بالا آمدن واحد خاکورز (تیغه‌ها) یا هنگامی که تیغه‌های آن به چیزی گیر کند و کاربر بخواهد آن را به سمت عقب بکشد ممکن است تیلر وارونه شده و روی کاربر بیفتد و صدمات جبران ناپذیری به کاربر وارد کند به علت اینکه تیلرها تنها یک شفت محرک دارند و کنترل آن‌ها آسان نیست و کاربران بشدت در معرض آسیب، صدمه در اثر استفاده از تیلرها هستند. برای حل این مشکل وانگ و همکاران روی ایمنی تیلرها و و عواملی که باعث تصادفات در آن‌ها می‌شود کار کرده اند. یک میکروکنترلر در قسمت جلوی تیلر در مقابل موتور قرار داده که شامل سنسور شتاب (ژیروسکوپ) و کلید قطع کننده‌ی موتور در شرایط اضطراری است که از صدمات وارده به کاربر جلوگیری می کند، عملکرد آن این‌گونه است که اگر زاویه سطح افقی جلوی تیلر به‌طرف عقب یا جلو از زاویه ٢٤ درجه بیشتر شود موتور تیلر خاموش می‌شود و از وارد شدن صدمه به کاربر و معیوب شدن خود تیلر جلوگیری می‌شود همچنین ارتفاع دسته تیلر از عوامل مهم دیگر روی ایمنی کاربر و نرخ تصادفات آن می‌باشد. اگر ارتفاع دسته از حد معمول بزرگ‌تر و کوچک‌تر نباشد نرخ تصادفات تیلر به مقدار زیادی کاهش پیدا می کند و پیشنهاد می‌شود از ارتفاع بلند دسته تیلر به دلیل اجتناب از تصادفات آن جلوگیری شود [21].

نتیجه‌گیری

در تحقیق‌های انجام شده در زمینه تیلرهای وجین‌کن کوچک‌مقیاس برای مزارع کوچک و شالیزارها و بهبود سطح توسعه و مکانیزاسیون آن‌ها از لحاظ:

۱. بهبود راندمان ۲. نوع تیغه، ۳. تعداد تیغه به کار رفته در هر فلانج ٤. ظرفیت مزرعه‌ای ٥. خسارت وارده به گیاه ٦. سلامت کاربر ۷. عملکرد کاری و ارزش اقتصادی ۸. مکانیزم انتقال قدرت، بهبود سیستم انتقال قدرت و توسعه آن‌ها ۹. کم‌وزن کردن تیلرها ۱۰. کار روی تیلرهای الکتریکی و رفع مشکل دور زدن تیلر ۱۱. کنترل حرکت و مانور پذیری ۱۲. بررسی ارتعاش و ضربه وارده به کاربر و استفاده از عایق‌ها و ضربه‌گیرها برای کاهش ارتعاش ۱۳. ایمنی تیلر، تحقیق‌های مفیدی انجام شده است.

هم‌چنین در زمینه تیلرهای الکتریکی بسیاری از مشکلات تیلر مانند چرخیدن و دور زدن در حواشی زمین حل شده است و در زمینه کاهش نرخ تصادفات با تیلر و حذف ارتعاش و فشار وارده به انسان راه‌حل‌های مفیدی ارائه شده است. در واقع با توجه به شکل ۱۵ که فرآیند تولید و انتقال ارتعاش در تیلر نشان می‌دهد ارتعاشی که از دسته تیلر به کاربر وارد می‌شود از سه منبع ۱. موتور ۲. واحد تیغه‌ها ۳. از طرف خاک یا زمین ناصاف می‌باشد، چون تیلر سیستم تعلیق ندارد و اجزای آن انعطاف پذیر نیست که ارتعاش به وجود آمده را جذب کنند، بنابراین تمام ارتعاش تولید شده به دسته و سپس به کاربر وارد می‌شود. تحقیق‌های زیادی روی طراحی سیستم جذب کننده ارتعاش روی دسته تیلر کار شده است که مقدار ارتعاش وارده به کاربر را کاهش دادند و تحقیق‌های انجام شده روی دسته تیلر نشان داد که اندازه دسته تیلر روی نرخ تصادفات آن تاثیر زیادی دارد بنابراین با حذف دسته تیلر نرخ تصادفات با تیلر و اثر آن روی کاربر و اثر ارتعاش تیلر روی کاربر به صفر می‌رسد.



شکل ۱۵. فرآیند تولید و انتقال ارتعاش

می توان نتیجه گرفت که در زمینه‌های زیر تحقیق چندانی صورت نگرفته است که نیازمند بررسی های بیشتر است:

۱. **سیستم‌های کنترل و مانور پذیری تیلرهای باغی و مزرعه‌ای تحقیق چندانی انجام نشده است که مشکل چرخیدن و دور زدن در حواشی زمین و مسیرهای باریک حل کند که البته در مورد تیلرهایی که دو چرخ محرک مستقل از واحد تیغه‌ها دارند این مشکل تا حدودی بررسی و راه‌حل‌هایی ارائه شده است.**
۲. **برای شخم و شیار شالیزار با تیلر به علت شرایط سخت زمین و تأثیر بیولوژیکی که بر سلامت انسان دارد در زمینه تیلر بدون راننده و کنترل از راه دور تحقیق‌های خیلی کمی انجام شده است.**
۳. **در مورد نرخ تصادفات با تیلر یکی از عوامل مهم ایجاد کننده‌ی آن دسته‌ی تیلر است که در مورد این عامل و بی‌اثر کردن تأثیر آن تحقیق‌های کمی انجام شده است.**
٤. **در حرکت تیلر به علت اینکه یک شفت محرک داریم کنترل آن آسان نیست و در اثر حرکت تیغه‌ها بیش-ترین ارتعاش به کاربر وارد می‌شود که برای کاهش این ارتعاش به کاربر تحقیقات زیادی انجام شده است ولی برای کاهش ارتعاش ایجاد شده براثر حرکت تیغه‌ها تحقیق چندانی انجام نشده است.**

پیشنهادها

- **در مورد دور زدن تیلرها، نیرو و فشار زیادی به کشاورز وارد می‌شود بنابراین در این زمینه باید تحقیقات و بررسی های بیشتری صورت گیرد تا این مشکل رفع گردد.**
- **در زمینه کنترل از راه دور تیلرهای شالیزاری و هدایت آن‌ها به علت شرایط سخت کاری کار شود. علاوه براین بدلیل محدودیت دسترسی به فضای زیر درختان و حد فاصل بین درختان، تیلرهای مورد استفاده در باغات کوچک نیز باید به سمت خودران شدن توسعه یابند.**
- **در مورد حذف دسته در مورد تیلرهای باغی و مزرعه‌ای برای جلوگیری از نرخ تصادفات با تیلر و کنترل از راه دور آن‌ها به علت نیرو و فشار و ارتعاش وارده به کشاورز کار شود.**

مراجع

۱. **خسروی بیزکی، م.، طباطبائی، ر. و موسوی، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی مواجهه کاربر با ارتعاش و صدای تولید شده توسط یک روتوتیلر باغی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ٤٩ (۱): ۱۳۹ تا ۱٤۸.**

۲. **نتایج سرشماری کشاورزی. سازمان آمار ایران. https://www.amar.org.ir، دیده شده: ۱۳۹۹/۱۲/۱٤**

۳. **گل زاده، ح. ۱۳۹٥. وجین مکانیزه حلقه مفقوده مکانیزاسیون برنج کشور. نشریه مروج، ۳۰ (۱٥٤): ۳۷ تا ٤۳.**

4. Hegazy, R. A., Abdelmotaleb, I. A., Imara, Z. M. and Okasha, M. H. 2014. **Development and evaluation of small-scale power weeder**. Misr. J. Ag. Eng, 31(3): 703-728.
5. Hendriadi, A. and Salokhe, V.M., 2002. **Improvement of a power tiller cage wheel for use in swampy peat soils**. Journal of terramechanics, 39(2), pp.55-70.
6. Ikoma, H., Yoshihara, K., Kato, W., Miyazaki, T. and Ohishi, K., 2015, November. **Straight driving control for electric tiller considering human driving input**. In IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 004935-004940). IEEE.
7. Kadu, L., Kadam, G., Jadhav, K., Gawade, V., Garje, A. and Gosavi, A. 2015. **Design, Development and Operation of 3.5 HP Power Tiller**. Int. J Recent Res. in Civil and Mechanical Eng, *2*(1): 149-154.
8. Lu, S., Xu, Z., Jin, H. and He, M., 2018, December. **Vibration Analysis and Vibration Damping Device Design of Power Tiller**. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 452, No. 4, p. 042180). IOP Publishing.
9. Niu, P., Chen, J., Hu, C. and Zhao, J., 2020. **Improving the operating comfort of the electric mini-tiller based on simulation analysis and field test**. Inmanteh-Agricultural Engineering, 60(1).
10. Narwariya, B.S., Tiwari, K.B. and Shrivastava, P., 2016. **Performance evaluation of different manual operated weeding equipment for Paddy crop in vertisols**. Eco Env Cons, 22, pp.357-363.
11. Pitoyo, J., ۲۰۱۷. **Study on the Efficacy and Power Efficiency of Walking-Type Power Weeder for Paddy Fields** (Doctoral dissertation, 神戸大学).
12. Prasad, B. H., Ganapathi, D. and Balasundaram, V. 2019. **Development and Field Evaluation of Rotary Power Weeder for Dryland Crops**.۱۲.

13. Paman, U., Inaba, S. and Uchida, S., 2015. **Working performance and economic comparison of three power tiller types for small-scale rice farming in the Kampar region of Indonesia**. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers, 77(5), pp.363-370.
14. Sakamoto, H. 2007. **Development of an Electric Powered Tiller for House Gardening**. *Journal of Asian Electric Vehicles, 5*(1): 961-966.
15. Sirmour, A. and Verma, A. 2018. **Design and development of single row power weeder for rice**. *Journal of Crop and Weed, 14*(1): 163-169.
16. Salokhe, V., Majumder, B. and Islam, M. 1995. **Vibration characteristics of a power tiller**. *Journal of Terramechanics, 32*(4): 181-197.
17. Sahu, M. and Goel, A.K., 2017. **Development of a Multipurpose Power Weeder. Power**, 58, pp.21-00.
18. Thant, A., Lin, T. and Swe, N. 2019. **Modeling of Spur Gears Design in Gearbox of LEYAR16 Power Tiller**. 5(1).
19. Tiwari, P. S. and Gite, L. P. 2002. **Physiological Responses during Operation of a Rotary Power Tiller**. *Biosystems Engineering, 82*(2): 161-168.
20. Velazquez-Miranda, E., Bory-Reyes, J., Silva-Navarro, G. and Garcia-Perez, O.A., 2019, January. **DESIGN AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF A PASSIVE SUSPENSION SYSTEM FOR VIBRATION SUPPRESSION ON THE HANDLEBAR OF A TWO-WHEEL TRACTOR**. In Proceedings of the 26th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2019.
21. Wang, G., Song, Y., Wang, J., Li, C., Liu, J. and Yang, X. 2019. **Study on Safety of Micro-Cultivator under Backward Driving Conditions**.6(3).

Worldwide development of small-scale, walking tractors (Power Tiller): drawbacks elimination and efficiency improvement

Afsaneh Soleimani*[1], Mohammad Hossein Abbaspour-Fard[2] , Abbas Rohani[3] , Mohammad Hossein Aghkhani[4]

1. Master student of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
30 Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4. Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Tillers are known as small-scale, two-wheel power source that are usually used in small-scale farms, greenhouses, orchards, paddy fields, steep and mountainous areas, where tractors and heavy agricultural machinery are difficult to move. They are widely used in agricultural operations such as shallow plowing, weeding, incorporating various inputs (e.g. fertilizer, manure, and crop residues), etc. They reduces the drudgery, hard and laborious works of farmer and saves time. In this study, firstly, tillers are classified in an organized manner and then the studies on their development and evaluation towards improving their performance and eliminating their problems such as safety and vibration are comprehensively reviewed. The weeding tillers for small-scale farms and paddy fields and improving their development and mechanization in terms of power transmission system, improving power efficiency, type of application, their economic performance, physiological effects of using tillers (such as vibration, pressure and body fatigue) in paddy fields are also presented. Attention is also paid to the electric tillers (called as mini or micro tillers), and how their problems such as turning and moving on the ground have been solved. The solutions for reducing the rate of tiller accidents and mitigation of tiller related death are also presented.

Key words: Tillers, walking tractors, electric tillers, small-scale

*Corresponding author: E-mail: a.soleimani98@mail.um.ac.ir