نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۳۲۱-۳۱۲

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 312-321

ساخت و ارزیابی ماشین خاک‌ورزی مخزنی برای کاهش رواناب مزارع دارای سامانه آبیاری بارانی

محمدعلی رستمی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

ایجاد رواناب و از دست رفتن آب در سیستم‌های آبیاری بارانی یکی از مشکلات این سیستم‌ها می‌باشد. خاک‌ورزی مخزنی راه حل مناسبی است که برای کنترل رواناب و ذخیره سطحی آب پیشنهاد شده است. در این تحقیق یک ماشین خاک‌ورز مخزنی ساخته شد و ارزیابی گردید. عامل خاک‌ورز این ماشین به شکل یک چرخ عنکبوتی است که با چرخش آن و برخورد تیغه‌ها به خاک چاله‌های کوچکی در فواصل معین در سطح زمین ایجاد می‌شود. برای ارزیابی عملکرد ماشین، اثر فاکتورهای سرعت پیشروی تراکتور در سه سطح (۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلومتر در ساعت) و طول بازوی عامل خاک‌ورز ماشین در دو سطح (۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) بر عمق، فاصله و حجم مخازن حفر شده توسط ماشین خاک‌ورز مخزنی و میزان رواناب اندازه‌گیری و بررسی گردید. ارزیابی ماشین در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که اثر طول بازوی عامل خاک‌ورز و سرعت پیش‌روی ماشین خاک‌ورز مخزنی ساخته شده در این پژوهش بر تغییرات عمق و حجم مخازن ایجاد شده توسط تیغه‌های ماشین در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما تغییرات فاصله بین مخازن تنها تحت تأثیر طول بازوی عامل خاک‌ورز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش سرعت پیش‌روی از ۵ به ۱۰ کیلومتر و افزایش طول بازوی عامل خاک‌ورز از ۳۰ به ۴۰ سانتی‌متر، عمق، عرض و حجم مخازن ایجاد شده توسط تیغه‌های ماشین در خاک، افزایش یافت. با اعمال خاک‌ورزی مخزنی توسط ماشین ساخته شده، در تیمارهای آزمایشی، رواناب در کلیه تیمارها کنترل گردید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، خاک‌ورز مخزنی، رواناب

مقدمه

امروزه در بسیاری از زمین‌های زراعی به دلایلی از قبیل بافت سنگین و تراکم زیاد خاک، شیب زمین و حجم زیاد آب که در هر نوبت آبیاری به خاک داده می‌شود، آب به‌طور کامل و سریع جذب خاک نشده و در مزرعه رواناب ایجاد می‌شود. در استان کرمان در سیستم‌های آبیاری بارانی، وجود رواناب باعث از کار افتادن برخی از این سیستم‌ها شده است.

میانگین بارش در ۱۰ استان کشور زیر ۲۰۰ میلی‌متر است. به علت بارش کم و کاهش روزافزون منابع آبی، استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی با راندمان بالا اجتناب‌ناپذیر است. در استان کرمان تعدادی از این سیستم‌های آبیاری تحت فشار موجود بوده و گیاهان زراعی مختلفی با آن‌ها آبیاری می‌شوند. با توجه به سنگینی بافت خاک و تراکم آن و در نتیجه نفوذپذیری کم خاک، در برخی مناطق، رواناب حاصل به حدی است که عملکرد محصول را به شدت کاهش داده و تولید محصول در بعضی از مزارع اقتصادی نیست. به همین دلیل برخی دستگاه‌های آبیاری بارانی غیرفعال شده‌اند.

کاهش تلفات تبخیر و از دست رفتن آب، به کمترین اندازه ممکن و حفظ آب و خاک در محل، از اهمیت بالایی در بهره‌وری برخوردار است. فنون مختلف نگه‌داری آب در خاک، در محل اصلی، به دو دسته یعنی روش‌های افزایش نفوذپذیری[2] و کاهش روان‌آب و روش‌های کاهش تلفات ناشی از تبخیر، طبقه‌بندی می‌شوند. تلفات ناشی از رواناب با افزایش نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. همچنین مقدار آب ورودی به خاک را می‌توان با افزودن فرصت نفوذ آب در خاک، یا افزایش نفوذپذیری افزود. طولانی کردن زمان نفوذ آب در خاک شامل افزایش ظرفیت نگه‌داشت سطحی، از طریق مدیریت

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: marostami1351@gmail.com)

2- Soil permeability

سطح خاک یا شکل دادن به خاک است. فنون متداول عبارتند از ناصاف کردن بستر، آماده‌سازی زمین به‌صورت جوی و پشته (خاک‌ورزی شیاری)، ایجاد موانع روی خطوط تراز مثل خاک ریز یا ردیف گیاهان، خاک‌ریزهای تراز، شیارهای مسدود (بسته) و ایجاد مخازن کوچک به منظور فراهم آوردن فرصت کافی برای نفوذ آب در خاک (Alavi, 1999).

در برخی مزارع به‌ویژه مزارعی که با سیستم‌های آبیاری بارانی سنترپیوت[1] و خطی آبیاری می‌شوند، مشکل رواناب وجود دارد. این مشکل در خاک‌های متراکم و یا زمین‌های شیب‌دار بیشتر است. جاری شدن آب از شیارهای محل اثر چرخ‌های سیستم آبیاری بارانی و مسیر تردد تراکتورها نیز مشکلات زیادی را ایجاد می‌کند. آب باران یا آبیاری ممکن است باعث ایجاد سله در شیارهای مزرعه به‌خصوص در خاک‌های لومی که تازه شخم شده‌اند یا خاک‌های شنی فاقد ماده آلی گردد. در این حالت آب آبیاری و باران در این شیارها جاری شده و از دسترس گیاه خارج و هرز خواهد رفت. شیارهایی که در آن‌ها سدهای کوچکی، به‌طور متناوب ایجاد می‌شوند، شیارهای مسدود شده نام دارند (Carver and Wayne Wyatt, 2005).

فن‌آوری آبیاری به روش ذخیره‌سازی آب پشت بندهای کوچک یا در داخل مخازن کوچک دارای اسامی مختلفی مانند آب بند شیار[2]، خاک‌ورزی مخزنی[3]، شیار مخزنی[4] و خاک‌ورزی مخزن کوچک[5] می‌باشد. سدها یا مخزن‌های ایجاد شده در شیار، رواناب سطح خاک را ذخیره می‌کنند. این کار باعث افزایش نفوذ آب شده و از جاری شدن آب در شیار جلوگیری می‌کند. این قابلیت همچنین باعث افزایش آب در دسترس گیاه می‌گردد. شیارهای مسدود شده یک نوع حفاظت از آب و خاک است که با مناطق خشک و نیمه‌خشک و زراعت آبی سازگار می‌باشد. این فن‌آوری اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جایی‌که محصول با کمبود آب مواجه است، به‌کار می‌رود. این روش همچنین به‌طور گسترده با فن‌آوری‌های جدید مبارزه با علف‌های هرز سازگار شده و ماشین‌های مخصوص ایجاد شیارهای مسدود شده و ماشین‌های مخزن ساز در حال پیشرفت هستند. فاصله مخازن یا سدهای ایجاد شده در شیار از مقادیر کم (۳۰ سانتی‌متر) تا مقادیر زیاد (۳ متر)، براساس میزان رواناب و شیب زمین در نظر گرفته می‌شود. ارتفاع سدها ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. مخازن کوچک (حفره‌ها) معمولاً با فاصله کم (۳۰–۱۵ سانتی‌متر) احداث می‌شوند. واکنش مطلوب به شیارهای مسدود شده در زراعت پنبه، ذرت و آفتاب‌گردان دیده شده است. این فن‌آوری هم اکنون در سیستم‌های آبیاری سنترپیوت به منظور کاهش رواناب استفاده می‌شود (Ordie and Louis Baumhardt, 2003).

شیاربندها و خاک‌ورزهای مخزنی را می‌توان بعد از ایجاد جوی پشته در مزرعه و کاشت محصول، به همراه کارنده‌ها یا به همراه کولتیواتورها، هنگام سله‌شکنی و دفع علف هرز، مورد استفاده قرار داد یا به‌صورت مجزا بعد از کاشت با آن عمل شیاربندی و ساخت مخزن را انجام داد. با توجه به نیاز می‌توان قسمتی از مزرعه را که دارای رواناب می‌باشد، شیاربندی و مخزن‌سازی نمود و از قسمت‌های دیگر صرف‌نظر کرد (American Rainwater Catchment Systems Association , 2004).

یک پژوهش آزمایشگاهی به منظور بررسی اثر دو روش خاک‌ورزی مخزنی در کنترل رواناب انجام شد. آزمایش‌ها در شیب و دانسیته متفاوت خاک و شدت بارش مختلف انجام گردید. نتایج نشان داد که خاک‌ورزی مخزنی در خاک با بافت لومی‌شنی روش بسیار مؤثری برای کنترل رواناب ناشی از بارش شدید، در زمان کوتاه، در شیب ۱۰ درصد بود. خاک‌ورزی مخزنی، در شرایط یاد شده، رواناب را تا ۹۵ درصد کاهش داد. به علت اینکه مخازن ایجاد شده در خاک به روش فشردن خاک ایجاد شده بودند کارآیی آن در خاک‌های با دانسیته بالا کمتر بود و پیشنهاد گردید که قبل از استفاده از این روش، خاک‌ورزی مقدماتی انجام شود (Patrick *et al.*, 2007).

در تحقیقی دیگر نوعی ماشین خاک‌ورز مخزنی که حفره‌هایی به عرض، طول و عمق ۳۵۶، ۲۴۱ و ۸۹ میلی‌متر در شیار ایجاد می‌نمود معرفی گردید. مخازن ایجاد شده مانند خانه‌های شطرنج با فاصله حدود ۶۰ سانتی‌متر در ردیف‌هایی با فاصله حدود ۴۰ سانتی‌متر بودند. متوسط تعداد مخازن در هکتار ۴۴۵۰۰ عدد گزارش شده است (Alberta Farm Machinery Research Center, 2006).

در کانادا استفاده از روش خاک‌ورزی مخزنی در خاک‌ورزی پاییزه، به منظور کشت سیب‌زمینی در بهار، نتایج مناسبی در حفظ و افزایش نفوذ رطوبت ناشی از ذوب شدن برف به همراه داشته است (Haluschak *et al.*, 2003).

نتایج یک تحقیق که در آن اثر استفاده از خاک‌پوش گیاهی و خاک‌ورزی مخزنی بر عملکرد سیب‌زمینی بررسی شد، نشان داد که در مزرعه‌ای با شیب ۴/۲ تا ۸/۵ درصد، عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Hobson *et al.*, 2002).

خاک‌ورزی مخزنی به دو روش انجام می‌شود. در یک روش حفره‌هایی کوچک با فاصله حدود ۶۰ سانتی‌متر در خاک ایجاد می‌شود و در روش دوم سدهای کوچکی با جمع‌آوری خاک موجود در کف شیار ایجاد می‌شود که از روان شدن آب در شیار جلوگیری می‌کنند. تحقیقات نشان داده است خاک‌ورزی مخزنی، در زمین‌های با شیب ۷ درصد، رواناب را به‌طور کامل کنترل نموده و رواناب در زمین‌های با شیب بیشتر را به‌طور مؤثری کاهش می‌دهد (Hansen

1- Centerpivot
2- Furrow damming
3- Reservoir tillage (Basin tillage)
4- Basin listing
5- Microbasin tillage

and Trimmer, 1997).

در یک تحقیق اثر خاک‌ورزی مخزنی روی نفوذ آب در خاک با دو چگالی متفاوت بررسی شد. برای آبیاری کرت‌های آزمایشی از سیستم آبیاری لپا[1] (LEPA) استفاده شد. نتایج نشان داد، کرت‌هایی که با روش خاک‌ورزی مخزنی آبیاری شدند دارای رواناب کمتری بودند. این نتیجه در خاک با دانسیته بیشتر مشهودتر بود (Hackwell *et al.*, 1991).

نتایج یک تحقیق نشان داد که استفاده از خاک‌ورزی مخزنی در مزارعی که بین ۱۰ تا ۶۰ درصد تلفات آب داشتند باعث حذف رواناب شده و عملکرد گندم بهاره را ۹/۵، سیب‌زمینی ۲۲ و ذرت علوفه‌ای را ۳۱ درصد افزایش داد (Agricultural Engineering and Development Company, 2006).

در یک تحقیق که در مزرعه پیاز انجام شد چهار تیمار خاک‌ورزی شامل کاشت روی پشته، کاشت روی پشته و خاک‌ورزی مخزنی در کف شیار، کاشت در زمین مسطح و کاشت در زمین مسطح به همراه خاک‌ورزی مخزنی در بین ردیف‌ها اعمال گردید. نتایج نشان داد عملکرد تیمارهایی که شامل خاک‌ورزی مخزنی بوده‌اند، بهتر از تیمارهای بدون خاک‌ورزی مخزنی بوده است (Hendrickson and Swanson, 2002).

در استان کرمان در مزارع دارای سیستم‌های آبیاری بارانی و در بسیاری از زمین‌هایی که به‌صورت ردیفی شیاری یا کرتی کشت شده و با روش‌های سنتی آبیاری می‌شوند، رواناب وجود دارد. برای حل این مشکل باید برای آب فرصتی ایجاد نمود تا به مرور زمان در خاک نفوذ کند و از ایجاد رواناب جلوگیری شود. به‌طور خلاصه از بررسی تحقیقات گذشته می‌توان دریافت که یک روش مناسب برای حل مشکل رواناب در مزرعه، استفاده از خاک‌ورزی مخزنی می‌باشد. در این روش به کمک یک ماشین ساده حفره یا مخازن کوچکی به فاصله معین در کف شیار (در کشت به شیوه شیاری) یا بین ردیف‌های محصول (در کشت به شیوه نواری یا کشت روی زمین مسطح) ایجاد می‌شود تا در زمان آبیاری یا بارش باران، آب در مخازن جمع‌آوری شده و به مرور زمان در خاک نفوذ کند. از این‌رو هدف از این پژوهش ساخت یک دستگاه ماشین خاک‌ورز مخزنی و ارزیابی عملکرد آن در کاهش و یا کنترل رواناب در سامانه‌های آبیاری بارانی بود.

مواد و روش‌ها

ساختمان خاک‌ورز مخزنی

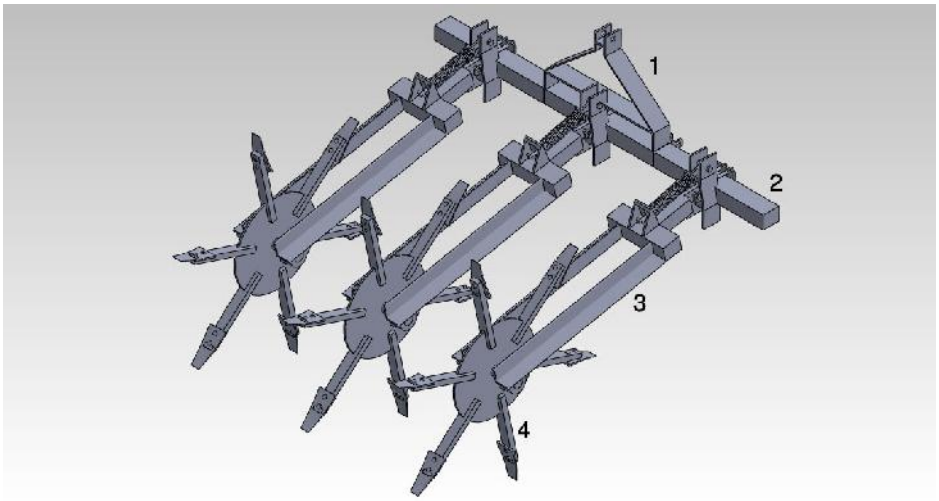
شکل ۱ طرح‌واره[2] ماشین خاک‌ورز مخزنی با سه خاک‌ورز را نشان می‌دهد. این ماشین دارای چهار بخش اساسی شامل اتصال سه نقطه، تیرک افزار، شاسی و عامل خاک‌ورز می‌باشد. عامل خاک‌ورز یک چرخ عنکبوتی دارای ۶ بازو است که ۶ عدد تیغه گوه‌ای روی آن‌ها سوار شده است. هر عامل خاک‌ورز به‌صورت منفرد روی یک شاسی سوار شده و شاسی به کمک یوغ[3] به یک تیرک افزار متصل شده است. یوغ با استفاده از اتصال کُرپی[4] به تیرک افزار متصل شده و بنابراین فاصله عامل‌های خاک‌ورز روی تیرک افزار قابل تنظیم است. تیرک افزار با اتصال سه نقطه به تراکتور متصل شد. با حرکت رو به جلوی تراکتور، تیغه‌ها با خاک برخورد نموده و چرخ عنکبوتی به چرخش در می‌آید.

تیغه به شکل گوه به طول ۲۰۰ میلی‌متر، عرض قاعده ۱۰۰ میلی‌متر و عرض نوک ۵۰ میلی‌متر ساخته شد. سرعت چرخش چرخ عنکبوتی به سرعت پیش‌روی تراکتور بستگی دارد. چرخش چرخ عنکبوتی باعث برخورد تیغه‌ها با خاک شده و چاله کوچکی حفر می‌شود. یک فنر شناوری برای هر عامل خاک‌ورز تعبیه شد که ضربات وارده از طرف تیغه‌ها به خاک را افزایش و به عامل خاک‌ورز در تبعیت از ناهمواری زمین کمک می‌کند. طراحی فنر با استفاده از نرم افزار طراحی فنر[5] به نام CSD نسخه ۱ که توسط شرکت نشر نرم‌افزارهای طراحی ایفوندا[6] ارائه شده است، انجام شد (Efunda, 2014). شکل ۲ داده‌های ورودی و خروجی نرم افزار را نشان می‌دهد.

چاله‌های حفر شده مخازن کوچکی برای نگه‌داشت و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک بوده و از رواناب جلوگیری می‌کنند. هرگونه نیروی مورد نیاز برای حفر چاله‌ها از چرخش چرخ عنکبوتی، به علت پیش‌روی تراکتور و درگیری تیغه‌ها با خاک تأمین می‌شود. اندازه مخازن (قطر و عمق) به ابعاد تیغه، بار وارده بر تیغه، زاویه برخورد با خاک و سرعت پیشروی ماشین بستگی دارد. فاصله مخازن به طول بازو و تعداد تیغه‌ها وابسته است. ابعاد مخازن مورد نیاز و تعداد آن‌ها در هر متر مربع از سطح خاک، به میزان رواناب، مقدار آبیاری، شیب زمین و بافت خاک مزرعه وابسته است.

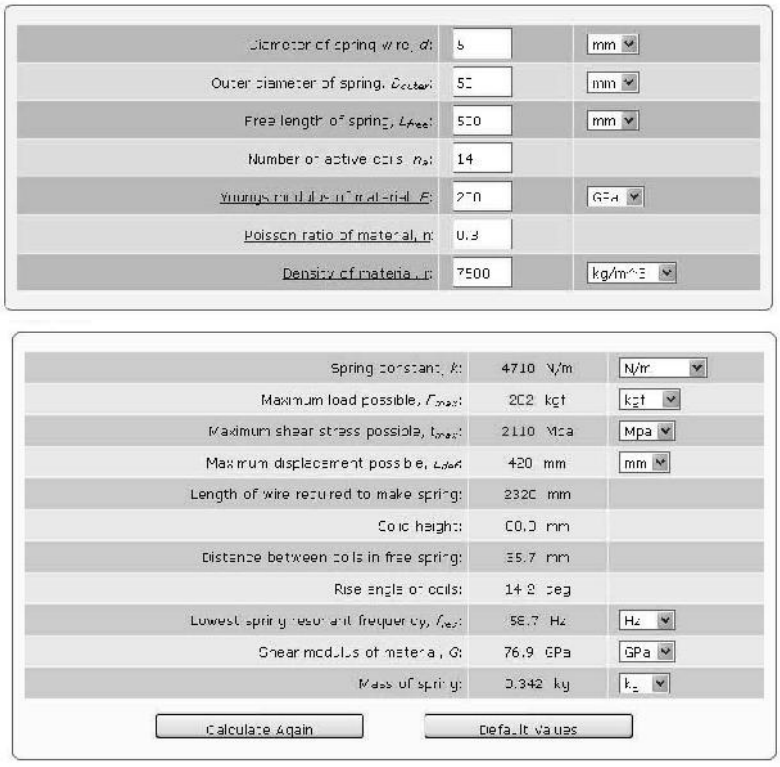
برای ساخت دستگاه ابتدا نقشه‌های آن در چهار نما با استفاده از نرم‌افزار SolidWorks نسخه ۲۰۱۱ رسم و سپس دستگاه براساس نقشه‌ها ساخته شد. آزمایش‌های اولیه روی دستگاه انجام و عیوب احتمالی آن برطرف شد. ابتدا عامل خاک‌ورز ماشین ساخته شد. محور عامل خاک‌ورز درون دو عدد یاتاقان قرار گرفت. یاتاقان با فرض محک بار مبنا برای خاک‌ورز به میزان ۱۲۰۰ کیلوگرم انتخاب شد. با توجه به اطلاعات جدول‌های انتخاب یاتاقان‌ها، یاتاقان نوع ساچمه‌ای یک ردیفه از نوع SKF 6010 انتخاب گردید (Shigley and Mitchell, 1986).

1- Low Energy precision application
2- Schematic
3- Yoke
4- Clamp
5- Compression Spring Designer
6- Efunda



شکل ۱- طرح‌واره ماشین خاک‌ورز مخزنی پیشنهادی تحقیق (۱- اتصال سه نقطه ۲- تیرک افزار ۳- شاسی ۴- عامل خاک‌ورز)

Fig. 1. Shematics of the proposed reservoir tillage machine in this study (1- Three Point Hitch 2- Toolbar 3- Frame 4- Tillage Unit)



شکل ۲- داده‌های ورودی و خروجی نرم افزار طراحی فنر

Fig. 2. Compression spring designer inputs and outputs

چرخ محمل بازوها (شماره ۴ شکل ۱) به شکل دایره و بازوها با مقطع مستطیلی ساخته شدند، تا قابلیت اتصال تیغه‌ها

به آن‌ها وجود داشته باشد. بازوهای عامل خاک‌ورز به‌صورت شعاعی روی چرخ محمل سوار شده و به آن متصل شدند. در مرکز هر چرخ محمل یک بوش در نظر گرفته شد که محور از آن عبور داده شد. شش عدد بازو با فاصله ۶۰ درجه از یکدیگر دور تا دور چرخ محمل به‌وسیله جوشکاری به چرخ محمل متصل شدند. شکل ۳ عامل خاک‌ورز ساخته شده در این پژوهش را نشان می‌دهند.

شکل ۳- عامل خاک‌ورز و شاسی
Fig. 3. Tillage unit and frame

محل مناسب برای پیچ شدن تیغه، روی بازو، در نظر گرفته شد. تیغه‌ها با دو عدد پیچ و مهره به بازوها متصل شدند. با در نظر گرفتن قطر صفحه، طول بازوها و طول تیغه، شعاع کار تیغه‌ها در دو حالت از طول بازو (۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۵۵ و ۶۵ سانتی‌متر و بنابراین با توجه به وجود ۶ عدد تیغه پیرامون چرخ عنکبوتی از لحاظ نظری فاصله بین مخازن ایجاد شده به‌ترتیب ۵۷ و ۶۸ سانتی‌متر محاسبه گردید.

شاسی هر عامل خاک‌ورز با استفاده از ناودانی ۸ × ۴۵ × ۸۰ میلی‌متر ساخته شد. شاسی به کمک یک یوغ و یک بست به تیرک افزار متصل گردید. دو عدد یاتاقان که محور چرخ عنکبوتی در درون آن‌ها قرار گرفت، به‌وسیله پیچ و مهره به انتهای شاسی متصل شد. به منظور اتصال ماشین خاک‌ورز مخزنی به تراکتور، اتصال سه نقطه براساس استاندارد ASAE مربوط به گروه ۲ ساخته شده و روی تیرک افزار سوار شد (ASAE S217.12 DEC01, 1994). شکل ۴ ماشین خاک‌ورز مخزنی ساخته شده در این پژوهش را با یک عامل خاک‌ورز نشان می‌دهد.

شکل ٤- ماشین خاک‌ورز مخزنی ساخته شده در حال کار
Fig. 4. Reservoir tillage machines at working

روش ارزیابی دستگاه

به‌منظور ارزیابی ماشین سرعت پیش‌روی تراکتور و طول بازو، به دلیل اهمیتی که دارند، به‌عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. آزمون‌های ارزیابی عملکرد ماشین در یک مزرعه زراعی دارای مشکل رواناب انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی با چگالی ظاهری ۱/۴g cm^{-3} و رطوبت ۱۵ درصد بود. مزرعه آزمایشی یک سال آیش بوده و در سال‌های قبل در آن گندم کشت شده بود. کرت‌های آزمایشی به طول ۱۰ متر و عرض سه شیار (به فاصله ۵۰ سانتی‌متر) انتخاب شدند. بین کرت‌های انتخابی فاصلهٔ مناسب در نظر گرفته شد تا تیمارها روی هم اثر نگذارند.

برای ارزیابی عملکرد ماشین و بررسی اثر استفاده از آن بر کنترل رواناب پارامترهای عمق مخازن، فاصله مخازن از یکدیگر و حجم مخازن حفر شده توسط ماشین خاک‌ورز مخزنی و میزان رواناب اندازه‌گیری و بررسی گردید. برای اندازه‌گیری حجم مخازن مقدار معلومی شن نرم به کمک یک استوانه مدرج به داخل مخزن ریخته می‌شد تا مخزن پرشود. حجم شن به‌کار رفته برای پر کردن مخزن به‌عنوان حجم مخزن یادداشت می‌شد (ASTM, 1990). قبل از اجرای خاک‌ورزی مخزنی آبیاری پلات‌ها به روش بارانی انجام و رواناب اندازه‌گیری شد. پس از رسیدن رطوبت خاک به حد مناسب، در پلات‌های آزمایشی، به کمک ماشین ساخته شده خاک‌ورزی مخزنی انجام (شکل ۵) و پارامترهای عمق، فاصله و حجم مخازن اندازه‌گیری شدند. سپس مجدداً آبیاری بارانی پلات‌ها انجام و رواناب اندازه‌گیری شد.

شکل ۵- مخازن ایجاد شده به‌وسیله ماشین

Fig. 5. Reservoirs created by the machine

برای اندازه‌گیری رواناب در طول ۱۰ متر از پلات آزمایشی که شامل سه شیار بود. با توجه به شیب طولی شیارها، محل تجمع رواناب مشخص و در محل مذکور یک عدد کف خواب فلزی جهت جمع‌آوری و انتقال رواناب به خارج از کرت نصب گردید. جهت انتقال رواناب داخل کرت به نقطه خروجی، در هر پلات جوی و پشته‌ها از انتها به هم مرتبط شدند. حجم آب جمع‌آوری شده در کف خواب اندازه‌گیری شده و با در دست داشتن حجم کل آب داده شده به کرت‌ها، درصد رواناب با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد (Karimi, 2003).

(۱) درصد رواناب = (حجم کل آب داده شده به کرت‌ها/حجم آب جمع‌آوری شده در کف خواب) × ۱۰۰

ارزیابی ماشین در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با پارامترهای طول بازو در دو سطح (۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) و سرعت پیش‌روی در سه سطح (۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلومتر در ساعت) و در سه تکرار انجام شد. برای تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. این نرم‌افزار برای تحلیل‌های آماری، تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به‌کار می‌رود.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج حاصل از تجزیه واریانس تغییرات عمق، فاصله و حجم مخازن ایجاد شده در خاک، توسط ماشین خاک‌ورز مخزنی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس تغییرات عمق، فاصله و حجم مخازن

Table 1- The variance analysis of depth, distance and volume of reservoirs

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square		
		عمق (Depth) (cm)	فاصله (Distance) (cm)	حجم (Volume) (cm^3)
طول بازو Arm's length	1	14.4**	373.5**	22330.8 **
سرعت پیش‌روی Forward speed	2	26.6 **	60.7 ns	441617.4**
سرعت پیش‌روی × طول بازو Arm's length × Forward speed	2	0.3 ns	8.2 ns	10871.4 ns
بلوک Block	2	0.017 ns	13.8 ns	1563.4 ns
خطا Error	10	0.252	70.7	18871.2
کل Total	18	2406.1	78790.6	13609282

** معنی‌دار در سطح ۱٪ (Significant at 1%) ns عدم تفاوت معنی‌دار (Not significant)

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) ملاحظه می‌شود که تغییرات عمق مخازن تحت تأثیر طول بازوی عامل خاک‌ورز و سرعت پیش‌روی ماشین خاک‌ورز مخزنی قرار گرفته و در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که اثر متقابل این دو فاکتور بر عمق مخزن معنی‌دار نیست.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که تغییرات فاصله بین مخازن تحت تأثیر طول بازوی عامل خاک‌ورز در سطح یک درصد معنی‌دار شده اما تحت تأثیر سرعت پیش‌روی ماشین معنی‌دار نشده است. اثر متقابل این دو فاکتور از نظر آماری تاثیر معنی‌داری بر تغییرات عمق مخزن نداشته است.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) ملاحظه می‌شود که تغییرات حجم مخازن تحت تأثیر طول بازوی عامل خاک‌ورز و سرعت پیش‌روی ماشین خاک‌ورز مخزنی در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل این دو فاکتور از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر تغییرات حجم مخازن نداشته است.

مقایسه مقادیر میانگین صفات مورد بررسی براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد در جدول‌های ۲ و ۳ آمده است.

عمق مخازن

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که عمق مخازن با افزایش سرعت پیش روی از ۵ به ۱۰ کیلومتر بر ساعت افزایش یافته است (جدول ۲). افزایش عمق مخازن شاید به دلیل افزایش انرژی اعمال شده بر خاک از طرف تیغه، به علت افزایش سرعت خطی تیغه باشد. بدین صورت با افزایش انرژی وارده بر خاک گسیختگی آن افزایش یافته و عمق مخازن حفر شده بیشتر می‌شود. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش طول بازوی عامل خاک‌ورز، عمق مخازن ایجاد شده افزایش یافته است. این افزایش احتمالاً به خاطر افزایش قدرت ضربه وارده از طرف تیغه برخاک، به علت برخورد تیغه‌ها با سرعت خطی بیشتر و از ارتفاع بالاتر با خاک می‌باشد.

فاصله بین مخازن

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که فاصله مخازن با افزایش طول بازوی عامل خاک‌ورز افزایش یافته است (جدول ۲). بیشتر شدن فاصله مخازن، در واقع به علت افزایش محیط چرخ عنکبوتی عامل خاک‌ورز می‌باشد.

حجم مخازن

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که حجم مخازن با افزایش طول بازوی عامل خاک‌ورز و سرعت پیش‌روی افزایش یافته است (جداول ۲ و ۳). بیشتر شدن حجم مخازن، به علت افزایش عمق آن‌ها می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات عمق، فاصله و حجم مخازن در سرعت‌های پیش‌روی مختلف

Table 2- Mean comparisons of depth, distance and size of reservoirs in different machine forward speed

سرعت پیش‌روی ($km\ h^{-1}$)	حجم مخزن (cm^3)	فاصله بین دو مخزن (cm)	عمق مخزن (cm)
5	667 a	63.4 a	10.0 a
7.5	842 b	66.7 a	11.3 b
10	1050 c	67.7 a	13.0 c

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند

Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات عمق، فاصله و حجم مخازن در طول بازوهای مختلف

Table 3- Mean comparisons of depth, distance and size of reservoirs in different Arm's lenght

طول بازو (cm)	حجم مخزن (cm^3)	فاصله دو مخزن (cm)	عمق مخزن (cm)
30	818 a	61.3 a	10.6 a
40	888 b	70.4 b	12.3 b

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند

Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different

جدول ٤- متوسط رواناب به‌وجود آمده در هر یک از تیمارهای آزمایشی، قبل از انجام خاک‌ورزی مخزنی

Table 4- Average runoff in experimental treatment, befor reservoir tillage practices

تیمار (Treatment)	6	5	4	3	2	1
درصد رواناب (Runoff Percent)	26	22	34	23	32	28

رواناب

متوسط رواناب به‌وجود آمده در سه تکرار، در ۶ تیمار آزمایشی شامل؛ تیمار ۱ (سرعت ۵ و طول بازو ۳۰)، تیمار ۲ (سرعت ۵ و طول بازو ۴۰)، تیمار ۳ (سرعت ۷/۵ و طول بازو ۳۰)، تیمار ۴ (سرعت ۷/۵ و طول بازو ۴۰)، تیمار ۵ (سرعت ۱۰ و طول بازو ۳۰) و تیمار ۶ (سرعت ۱۰و طول بازو ۴۰)، قبل از انجام خاک‌ورزی مخزنی، به‌صورت درصدی از کل آب داده شده به تیمار در جدول ۴ آورده شده است.

پس از اعمال خاک‌ورزی مخزنی در کلیه تیمارها رواناب کنترل گردیده و از هیچ‌یک از تیمارها رواناب جاری نشد. نتایج مشابهی توسط هاول و همکاران (Howell *et al*., 2002) گزارش شده و همچنین پاتریک و همکاران (Patrick *et al*., 2007) میزان کنترل رواناب با شیوه خاک‌ورزی مخزنی که مخازن آن با روش فشردن خاک ایجاد شده بود را ۹۵ درصد گزارش کردند. بدین ترتیب ماشین ساخته شده در این تحقیق که به روش حفر مخزن عمل خاک‌ورزی حفاظتی را انجام می‌دهد، کارآمدی بیشتری نشان داده و رواناب را به‌طور کامل کنترل نمود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک ماشین خاک‌ورز مخزنی ساخته شده و ارزیابی گردید. چهار بخش اصلی تشکیل‌دهنده این ماشین شامل اتصال سه نقطه، تیرک افزار، شاسی و عامل خاک‌ورز بود. نتایج ارزیابی عملکرد ماشین ساخته شده نشان داد که اثر طول بازوی عامل خاک‌ورز و سرعت پیش‌روی ماشین بر تغییرات عمق و حجم مخازن ایجاد شده توسط تیغه‌های ماشین در سطح یک درصد معنی‌دار است اما تغییرات فاصله بین مخازن تنها تحت تأثیر طول بازوی عامل خاک‌ورز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر تغییرات صفات اندازه‌گیری شده معنی‌داری نبود. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش سرعت پیش‌روی از ۵ به ۱۰ کیلومتر بر ساعت و افزایش طول بازوی عامل خاک‌ورز از ۳۰ به ۴۰ سانتی‌متر، عمق، عرض و حجم مخازن ایجاد شده توسط تیغه‌های ماشین در خاک، افزایش یافت. با اعمال خاک‌ورزی مخزنی، توسط ماشین ساخته شده، در تیمارهای آزمایشی، رواناب در کلیه تیمارها کنترل گردید.

References

1. Agricultural Engineering and Development Company. 2006. Innovators of the implanted reservoir tillage system. Available from http://dammerdiker.com. Accessed 15 November 2013.
2. Alavi, S. A. 1999. The Encyclopedia of Agricultural Science. Agricultural Ministry Publication. 784

page. (In Farsi).

3. Alberta Farm Machinery Research Center. 2006. Multi Dike. Available from http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng3152. Accessed 20 November 2013.
4. American Society of Agricultural Engineering. 1994. Three-Point Free-Link Attachment for Hitching Implements to Agricultural Wheel Tractors. Page 133-135 in ASAE standards. 32d ed. St. Joseph, Michigan.
5. American Rainwater Catchment Systems Association. 2004. Furrow Dikes Maximize Irrigation and Rainfall Benefits. Available from http://www.arcsa-usa.org/documents/2004_02 _furrow _dike article.pdf. Accessed 20 November 2013.
6. ASTM. 1990. Standard test method for Field measurement of infiltration rate using a double-ring infiltrometer with a sealed inner ring. Available from: http://homepages.cae.wisc.edu/~wang1/ Fieldlist.html. Accessed 25 November 2013.
7. Carver, K., and A.Wayne Wyatt. 2005. Furrow dikes small reservoirs of yield potential. Available from http://www.hpwd.com/conservation. Accessed 20 November 2013.
8. Efunda. 2014. Compression spring designer. Available from: http://www.efunda.com/designstandards/ springs/calc_comp_ designer.cfm. Accessed 2 June 2013.
9. Hackwell, S. G., E. W. Rochester, K. H. Yoo, E. C. Burt, and G. E. Monroe. 1991. Impact of reservoir tillage on water intake and soil erosion. Transaction of the ASAE 34 (2): 436-442.
10. Haluschak, P., C. McKenzie, and K. Panchuk. 2003. Commercial potato production. The Guide to Commercial potato production on the Canadian Prairies. Available from: http://gov.mb.Ca/agriculture/crops/potatoes/bda04s04-3-4.html/. Accessed 15 December, 2013.
11. Hansen, H., and W. Trimmer. 1997. Runoff control strategies, PNW 287. Oregon state university. Available from: http://extension.oregonstate.edu/catalog/html/pnw/pnw287. Acceced 16 December, 2013.
12. Hendrickson, P. and M. Swanson. 2002. Evaluate the effects of planting configuration and cover crops on the grade and yield of teton onion. Available from: http://www.ag.ndsu.nodak.edu/carringt/agronomy/ Research/Misc/Onion% 20Planting%20Configuration-2002.pdf. Accesed 16 December 2013.
13. Hobson, J. H., L. Jensen, K. Langley, C. Shock, T. Stieber, M. Thornton, and T. Jensen. 2002. Mechanical straw mulching and reservoir tillage effects on shepody potatoes in the treasure valley. Available from: http://www.cropinfo.net/AnnualReports/Old/mechmulchpot1993.html/. Accessed 15 December, 2013.
14. Howell, T. A., A. D. Schneider, and D. A. Dusek. 2002. Effect of furrow diking on corn response to limited and full sprinkler irrigation. Soil Science Society American Journal 66: 222-227.
15. Karimi, M. 2003. Study on runoff in center-pivot irrigation system by using two impact sprinkler and boom with sprayer. Agricultural Engineering Research Institute Publication, Karaj, Iran. Final report of research report No. 262. (In Farsi).
16. Ordie, R. Jones, and R. Louis Baumhardt. 2003. Furrow dikes. Encyclopedia of water science. DOI. 10. 108/ E- EWS- 1200 10226.
17. Patrick, C., C. Kechavarzi, I. T. James, M. O'Dogherty, and R. J. Godwin. 2007. Developing reservoir tillage technology for semi-arid environments. Journal of Soil Use and Management 23 (2): 1185-1191.
18. Shigley, J. E., and L. D. Mitchell. 1986. Mechanical Engineering Design. Mcgraw-Hill Book Company.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 312-321

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۳۲۱-۳۱۲

Fabrication and evaluation of a reservoir tillage machine to reduce runoff from farms with sprinkler irrigation systems

M. A. Rostami[1*]

Received: 25-08-2014
Accepted: 27-01-2015

Introduction

Nowadays, in a lot of farm land due to reasons such as high density, heavy textured soils, steep terrain and a large body of water at each irrigation, rapid and complete absorption of water in the soil does not happen and runoff will be accrued. Improvement of infiltration reduces runoff and thus increases available water capacity. The main methods used to increase the infiltration area: The use of soil amendments, soil management by tillage and conservation farming. These methods may be used separately or together. Reservoir tillage is the process by which small holes or depressions are punched in the soil to prevent runoff of water from irrigation or rainfall. The objective of this study was to develop and evaluate a new reservoir tillage machine for runoff control in the fields.

Materials and Methods

Fabricated machine has four main units include three-point hitch, toolbar, frame and tillage unit. Tillage unit was a spider wheel with 6 arms that has 6 Wedge-shaped blades, mounted on them. Each tillage unit mounted on a frame and the frame is attached to the toolbar with a yoke. The toolbar was attached to the tractor by three-point hitch. The movement of tractor caused blades impact soil and spider wheel was rotating. Spider wheel rotation speed was depended on the forward speed of the tractor. Blades were created mini-reservoirs on the soil surface for "In situ" irrigation water or rainwater harvesting. Theoretically distance between basins, created by reservoir tillage machine, fabricated in this study was 57 and 68 cm for Arm's length of 30 and 40 cm respectively.

For the construction of machine, first the plan was drawn with SolidWorks software and then the parts of the machine were built based on technical drawings. First tillage unit was constructed and its shaft was based in two bearings. Six of the arms were positioned at 60 degrees from each other around tillage units and connected by welding. For evaluation of machine performance, two factors contain of machine speed (in three levels of 5, 7.5 and 10 km h^{-1}) and Arm's length (in two levels of 30 and 40 cm) were evaluated. The machine was evaluated based on a completely randomized block factorial design with three replications. Effects of these factors on depth, distance and volume of basins and runoff were evaluated.

Results and Discussion

Mean comparisons of depth, distance and size of reservoirs in different machine forward speed and different Arm's length are summarized in Table 1 and 2. The results showed that the effect of arm length and forward speed on changes in the depth and volume of the reservoirs were significant at the probability level of one percent but changes of the distance between the reservoirs was only affected by Arm's length. The results also showed that increasing the forward speed from 5 to 10 km h^{-1} and increase the Arm's length from 30 to 40 cm increased depth, distance and volume of reservoirs. Reservoir tillage practices were control runoff in all plots.

Conclusions

In this research project, a reservoir tillage machine was built and assessed. Tillage unit of this machine is similar to the spider wheel. By this machine the small holes generated in the ground periodically. For evaluation of machine performance, effect of two factors, including machine speed and arm's length on depth, distance and volume of the basins were evaluated. The results showed that increasing the ground speed from 5 to 10 km h^{-1} and increase the arm's length from 30 to 40 cm increased depth, distance and volume of reservoirs. Reservoir tillage practices were controlled runoff in all plots.

Keywords: Reservoir tillage, Runoff, Sprinkler irrigation

1- Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: marostami1351@gmail.com)