طراحی، ساخت و ارزیابی عملکرد دستگاه لوله گذار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی

چکیده

کمبود آب بویژه در سال‌های اخیر، کشاورزان را مجبور به اجرای روش‌های نو در آبیاری نموده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که نوعی آبیاری تحت فشار موضعی بوده و موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود، اشاره نمود. یکی از دلایلی که کشاورزان علیرغم آگاهی از افزایش راندمان کاربرد آب در سیستم آبیاری زیرسطحی، از این زوش در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری تحت فشار استفاده کمتری می‌کنند، هزینه زیاد اولیه آن است. سخت‌ترین چالش در کاربرد آبیاری زیرسطحی، کارگذاری دقیق لوله‌ها در عمق مورد نظر زیر سطح خاک و بدون پیچ خوردگی است. از آنجایی که هزینه کارگری نصب لوله‌ها در واحد سطح زیاد می‌باشد لذا، هدف از انجام این پژوهش، ساخت و ارزیابی دستگاه لوله گذار در آبیاری زیرسطحی است. بر اساس طراحی صورت گرفته، دستگاه در کارگاه ساخت و تولید بخش مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ساخته شد. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد که ضریب تغییرات عمق کارگذاری برای دو عمق ۲۰ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب۱/٤ و ۱/۳ است. بنابراین، با بکارگیری دستگاه لوله گذار آبیاری زیرسطحی طراحی شده مشکل ناشی از کمبود تجهیزات روش نوین آبیاری قطره‌ای زیرسطحی رفع شده و کارگذاری لوله قطره چکان‌دار در عمق مناسب با دقت مطلوب امکان پذیر است و هزینه‌های تحمیل شده به کشاورزان را جهت نصب لوله‌ها به شدت کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: مکانیزاسیون، آبیاری موضعی، عمق کارگذاری.

مقدمه

با افزایش جمعیت، لازم است تا تولید محصولات کشاورزی متناسب با نیازهای غذایی افزایش یابد. بر اساس گزارش منتشر شده توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، امکان افزایش ۱۰ درصد ظرفیت برداشت از منابع آبی توسط بخش کشاورزی وجود دارد، درحالیکه جهت تامین غذای جمعیت جهان لازم است تا ۵۰ درصد افزایش در تولید مواد غذایی از طریق کشاورزی فاریاب تا پایان سال ۲۰۵۰ حاصل شود [1]. کشاورزی پایدار یک راه حل برای جبران این عدم تعادل از طریق کاهش در مصرف آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب از طریق گسترش سیستم‌های آبیاری نوین است. به همین منظور، آبیاری قطره‌ای زیر سطحی که یکی از بالاترین بازده آبیاری را در بین روش‌های مرسوم دارد و می‌تواند یک راهکار موثر باشد [2].

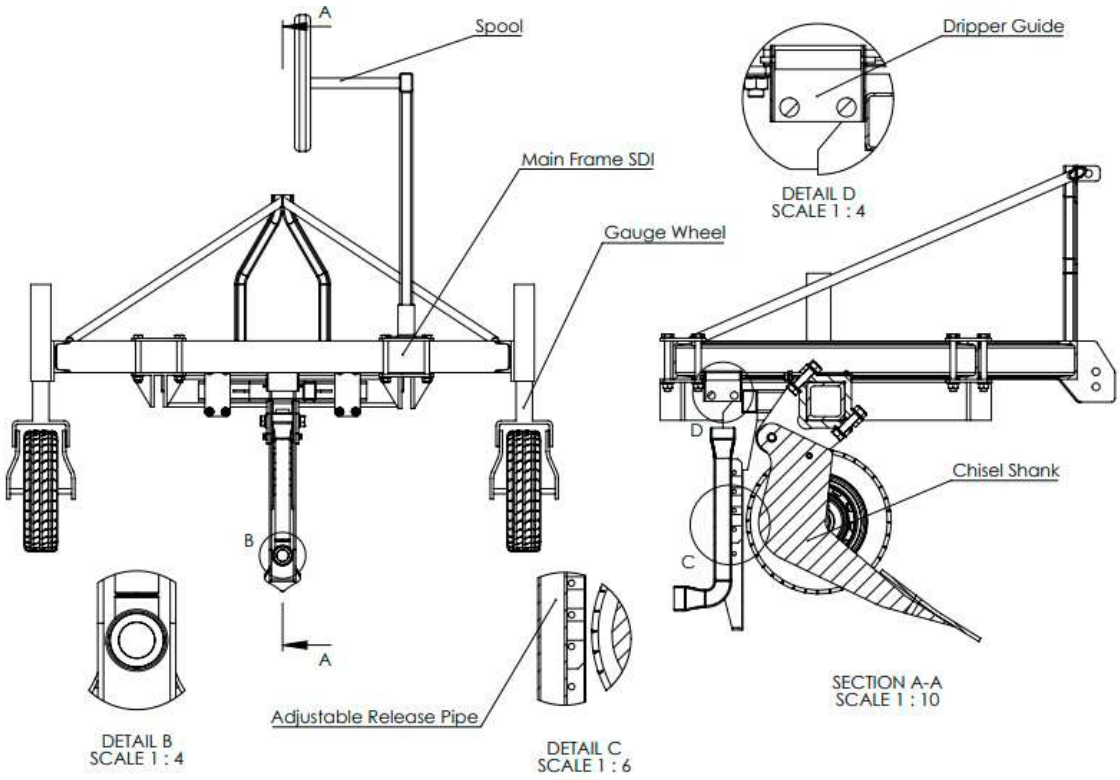
کمبود آب در بسیاری از مناطق جهان از جمله مناطق مرکزی ایران از یک سو و افزایش جمعیت و نیاز به تامین غذای این جمعیت از سوی دیگر، کشاورزان را مجبور به کاربرد روش‌های نوین در آبیاری نموده است. سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سبک‌های مختلف از دیرباز در کشورهای مختلف و از جمله ایران اجرا و بهره‌برداری شده ولی متناسب با شرایط خاص پروژه از جمله؛ شرایط آب و هوایی، نوع گیاه وخاک با چالش‌هایی مواجه بوده است. در سالیان گذشته روش رایج آبیاری تحت فشار مورد استفاده کشت‌های زراعی، آبیاری بارانی و قطره‌ای سطحی بوده است. با توجه به منابع آبی محدود، باد خیز بودن منطقه، کیفیت نامناسب آب آبیاری و تلفات تبخیر محققین و بهره‌برداران به روش‌های نوینی که تلفات به حداقل ممکن برسد روی آورده‌لند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که نوعی آبیاری تحت فشار موضعی است اشاره نمود. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به دلیل فراهم شدن شرایط مناسب جهت تامین رطوبت و مواد غذایی بطور مستقیم در ناحیه ریشه و همچنین عدم تبخیر آب در سطح مزرعه شاهد افزایش چشمگیر در راندمان آبیاری و تولید محصول به ازای آب مصرفی خواهیم بود. این روش می‌تواند در جهت کاهش قابل توجه مصرف آب، کمیت و کیفیت محصول و سهولت در مدیریت مزرعه بکار گرفته شود [3]–[7].

اگرچه این روش برای آبیاری در شرایط کمبود آب مناسب است؛ اما هزینه بسیار زیادی صرف کارگذاری لوله‌ها می‌شود. از این رو متخصصین مکانیزاسیون به دنبال راهکارهایی جهت کاهش هزینه‌های کارگذاری لوله‌ها و استفاده از ماشین‌آلات جهت کارگذاری لوله‌ها در عمق معین خاک بوده‌اند. در دانشگاه کانزاس ابزارهای مختلفی جهت نصب لوله‌ها مورد استفاده قرار گرفت [6] آن‌ها بر اهمیت به حداقل رساندن تغییرات عمق کارگذاری لوله در طول لوله فرعی و نصب در عمقی که برای سایر فرآیندهای خاکورزی مانند شخم مشکل ایجاد نکند، تاکید نمودند. بطور کلی در شرایطی که سیستم آبیاری در زیر خاک قرار دارد اجرا و نگهداری و پایش سیستم با مشکلاتی روبرو است، زیرا مشکلاتی مانند شناسایی محل نشت اضافی به جهت آسیب دیدگی لوله یا گرفتگی منافذ خروجی به سختی قابل اصلاح است [6]. از این رو ساخت و ارزیابی یک دستگاه لوله گذار که بتواند با نصب دقیق لوله در عمق مورد نظر، تغییرات عمق کارگذاری لوله در طول مسیر را به حداقل برساند؛ اهمیت فراوان دارد. با قرارگیری یکنواخت و دقیق لوله‌ها و جهت مناسب قطره چکان‌ها به طوریکه روزنه رو به بالا باشد، می‌توان یکنواختی پخش آب در ناحیه ریشه را نسبت به روش نصب غیر مکانیزه افزایش داد. همچنین تغییرات دبی قطره چکان در طول لوله فرعی با توجه به حداقل رسیدن تغییرات عمق کارگذاری نسبت به روش کارگذاری دستی موجب افزایش بهره‌وری و یکنواختی توزیع آب در مزرعه می‌گردد. همان طور که اشاره شد، یکی از دلایلی که کشاورزان علیرغم آگاهی از آنکه این روش باعث افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌گردد، کمتر از آن استفاده می‌کنند، هزینه اولیه زیاد و مشکلات در بهره‌برداری آن است. سخت‌ترین چالش در کاربرد آبیاری زیرسطحی، کارگذاری لوله‌ها در عمق مورد نظر و بدون

پیچ خوردگی زیر سطح خاک در ابتدای فصل رشد است. از آنجا که هزینه کارگری نصب لوله‌ها در واحد سطح بالا است، برای حل این مشکل با توجه به اهمیت موضوع و نیاز سنجی‌های انجام شده هدف از انجام این تحقیق، ساخت و ارزیابی دستگاه لوله گذار آبیاری زیرسطحی است.

مواد و روش‌ها

در ابتدا با بهره‌گیری از خاکورز چیزل یک ردیفه، ابعاد و اندازه‌های مورد نیاز برای طراحی لوله گذار استخراج شد. با توجه به تجهیزات مورد نیاز برای عملیات لوله گذاری و دیگر عوامل تاثیر گذار در طراحی، یک مدل اولیه در نرم افزار Solidworks ترسیم شد. شرایط تاثیر گذار شامل محل رها سازی لوله قطره چکاندار در کف شیار در راستای نوک تیغه چیزل بررسی شد، همچنین تنظیم لوله در زمان آزاد شدن از دور کلاف لوله به طوری که پیچشی در آن به وجود نیاید نیز مورد توجه قرار گرفت. با در نظر گرفتن تمامی شرایط موثر در مدل اولیه ترسیم شده، مدل نهایی طراحی شد. بر اساس نقشه‌های جزبه‌جز دستگاه، فرآیندهای ساخت شامل؛ برش، سوراخکاری، تراشکاری و جوشکاری انجام شد. دستگاه لوله گذار آبیاری زیر سطحی یک ردیفه شامل سه بخش : شاسی اصلی دستگاه، واحد خاکورز و واحد هدایت لوله از قرقره تا عمق خاک طراحی شد. دستگاه در کارگاه ساخت و تولید بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ساخته و پس از انجام آزمایش‌های کارگاهی برای آزمایش مزرعه آماده سازی شد. طبق شکل ۱ لوله گذار شامل یک تیغه چیزل است که در پشت تیغه از یک لوله فلزی خم شده استفاده گردید که قابلیت تنظیم ارتفاع به منظور تغییر عمق جاگذاری لوله در ترانشه ایجاد شده را دارد. ابعاد لوله گذار شامل طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۳۰۰۰، ۵۰۰ و ۲۲۰۰ میلی‌متر است. در زمان شروع عملیات کارگذاری، لازم است کارگر لوله را از روی قرقره باز کرده و از بین هدایت کننده‌ها عبور دهد. لازم است دقت شود که هیچ پیچشی در لوله نباشد و در انتها از لوله فلزی که پشت ساقه واحد خاکورز قرار دارد عبور کرده و چند متر از لوله برروی زمین کشیده و توسط یک نگهدارنده، در داخل خاک مهار کند. کارگذاری لوله‌های آبیاری در ناحیه ریشه (حدود ۲۵ سانتی‌متری) جهت تامین آب مورد نیاز گیاه اهمیت زیادی دارد. دستگاه مورد نظر به صورت سوار بوده و از طریق دو چرخ تنظیم عمق می‌توان عمق کارگذاری لوله را تغییر داد. در واقع، با بالا بردن چرخ‌ها عمق کارگذاری افزایش می‌یابد. حداکثر عمق فرو رفتن ساقه‌ی دستگاه در خاک ۳۰ سانتی‌متر است. دستگاه مورد نظر، تک واحده بوده و قادر است در هر بار تردد یک خط لوله را کارگذاری کند.



شکل۱- اجزای تشکیل دهنده دستگاه لوله گذار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی.

سرعت مناسب جهت جلوگیری از پارگی لوله آبیاری قطره‌ای زیر سطحی از طریق تست‌های اولیه‌ی جنس‌های مختلف لوله موجود در بازار و مقاومت کششی آن‌ها به صورت تجربی برابر ۲ کیلومتر بر ساعت انتخاب شد. لازم به ذکر است که افزایش سرعت پیشروی امکان عدم یکنواختی در عمق کار گذاری و همچنین پارگی در لوله قطره چکاندار را افزایش خواهد داد. پس از حرکت تراکتور در زمین و پس از چند متر پیشروی، لازم است عملیات لوله گذاری متوقف شده و خاک از روی لوله کنار زده شود و از عدم پیچیدگی لوله در مسیر و عمق صحیح کارگذاری اطمینان حاصل نمود. لوله فلزی رها سازی به منظور منعطف بودن آن نسبت به شاسی اصلی، به صورت تلسکوپی ساخته شده که در صورت لزوم بتوان در ارتفاع‌های مورد نیاز لوله فلزی را قرار داد.

در شکل ۲ نمای کلی دستگاه، اتصال آن به تراکتور و نحوه کارگذاری لوله داخل خاک در طول مسیر کارگذاری در مزرعه ارائه شده است.

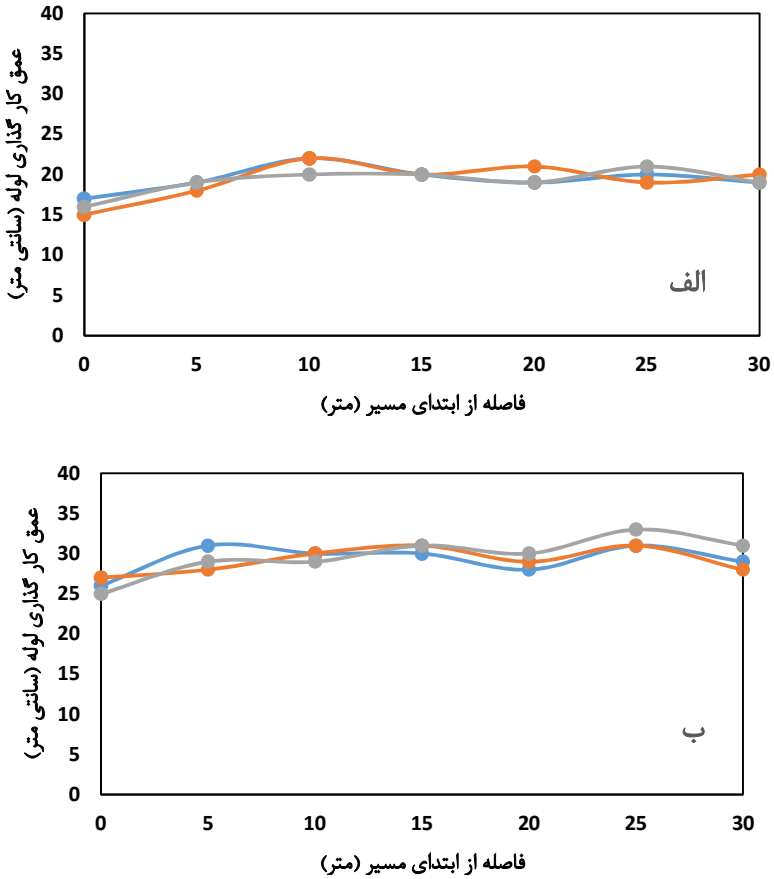
شکل۲- نمایی از دستگاه لوله گذار آبیاری زیر سطحی متصل شده به تراکتور.

به مظور ارزیابی دستگاه ساخته شده، در یک قطعه زمین به مساحت ۲۰۰ متر مربع، با در نظر گرفتن دو عمق کار گذاری (۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) در سه تکرار با فواصل ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر خطوط لوله به طول ۳۰ متر کار گذاری گردید. لازم به ذکر است که در هنگام انجام آزمایش رطوبت خاک برابر ۳۳ درصد حجمی بود که مشابه شرایط رطوبتی خاک در ابتدا کشت پاییزه و پیش از شخم است. خاک مزرعه مورد نظر، خاک "سری دانشکده" با بافت لوم‌رسی سیلتی (silty clay loam) **است. قبل از شروع لوله گذاری ابتدا لوله قطره چکاندار از دستگاه عبور داده و چند متر بیرون کشیده و در محلی پشت دستگاه توسط یک میخ در خاک ثابت شد و سپس تراکتور با سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت شروع به پیشروی کرد. دستگاه به آرامی به سمت پایین حرکت کرده و در خاک تا عمق مورد نظر فرو می‌رود. زاویه حمله تیغه ۲۰ درجه** [8] **بوده و به همین دلیل ابتدا نوک تیغه با خاک برخورد کرد و بعد از آن واحد لوله گذار وارد خاک شد.به منظور تامین ارتفاع‌های مورد نظر چرخ‌های تنظیم عمق در موقعیت مناسب تنظیم گردید. برای اطمینان از صحت عمق کار دستگاه به صورت تصادفی عمق لوله کار گذاری شده در خاک به صورت دستی همان طور که در شکل۳ نشان داده شده است اندازه گیری شد. البته لازم به توضیح است که قبل از کار گذاری لوله‌ها با انجام عملیات تسطیح سطحی در قطعه زمین مورد نظر تلاش شد اثرات پستی بلندی‌های زمین به حداقل برسد.**

شکل۳- نمایی از عمق کارگذاری اندازه‌گیری شده توسط لوله گذار آبیاری زیرسطحی.

نتایج و بحث:

نمودار تغییرات عمق کارگذاری لوله آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به فاصله از ابتدا مسیر، در طول مسیر نصب لوله در عمق کارگذاری ۲۰ و ۳۰ سانتی متری در ۳ تکرار در شکل ٤ ارائه شده است. تغییرات عمق کارگذاری نسبت به عمق تنظیم شده توسط دستگاه در هر دو عمق ۲۰ و ۳۰ سانتی متری حداکثر ۳ سانتی متر بوده است. در هر بنابراین، طبق شکل ٤ در هر دو عمق کارگذاری توسط دستگاه پس از طی مسافت ٥ متر لوله به طور متوسط در عمق مد نظر قرار گرفته است. همچنین ضریب تغییرات عمق کارگذاری بر حسب نسبت انحراف معیار به میانگین عمق کارگذاری نیز برای هر دو عمق ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب۱/٤ و ۱/۳ محاسبه شد. لذا، در هر دو عمق کارگذاری ارزیابی شده، دستگاه در حد مطلوب عمل کرده است. پرداختن به این نکته ضروری است که در کارگذاری لوله در خاک، درصد رطوبت حجمی خاک مهم و حائز اهمیت است به طوریکه اگر رطوبت خاک خیلی پایین باشد علاوه بر افزایش مقاومت کششی، در خاک کلوخه‌های بزرگ تشکیل شده و نیاز به خاکورزی ثانویه را دو چندان خواهد کرد. در صورتی که رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی باشد، پس از عملیات کار گذاری بدون ایجاد کلوخه‌های سنگین خاک، شرایط ساختمانی خاک به نحوی است که خاک به داخل شیار ایجاد شده باز می‌گردد و روی لوله را خواهد پوشلند و استفاده از دیسک و عملیات خاکورزی ثانویه حذف و یا به کمینه خود خواهد رسید البته آزمایش‌های مزرعه‌ای جهت تعیین رطوبت بهینه خاک در زمان کار دستگاه پیشنهاد می‌گردد.



شکل٤- تغییرات عمق کارگذاری لوله آبیاری زیر سطحی نسبت به فاصله از ابتدا مسیر در دو عمق کارگذاری الف (۲۰ سانتی‌متری) و ب (۳۰ سانتی‌متری).

با توجه به طراحی و ساخت قطعه هدایت کننده لوله، محدودیت استفاده از یک نوع لوله قطره چکاندار وجود ندارد و می‌توان از تمامی انواع لوله‌های قطره چکلندار مناسب آبیاری زیرسطحی (لوله پلی اتیلن یا نوار تیپ) استفاده کرد. دستگاه ساخته شده قابلیت ارتقاء از نظر مدیریت زراعی و عملیات بهره‌برداری را دارد. بعنوان مثال می‌توان با اتصال ادوات خاکورزی، کار شخم و لوله گذاری را همزمان انجام داد که موجب کاهش فرسایش خاک از طریق کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی می‌گردد. همچنین می‌توان تعداد واحدهای کارگذاری لوله توسط دستگاه را افزایش داد که با هر بار تردد در مسیر، بجای ۱ خط لوله، ۲یا ۳ خط لوله در زیر خاک نصب شود.

نتیجه گیری:

دستگاه لوله گذار آبیاری زیرسطحی ساخته شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز امکان کارگذاری لوله قطره چکلندار در عمق مناسب با دقت مطلوب را با توجه به ضریب تغییرات عمق کارگذاری برای عمق ۲۰ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب برابر ۱/٤ و ۱/۳ دارد . لذا، در هر دو عمق کارگذاری ارزیابی شده دستگاه در حد مطلوب عمل

کرده است. بنابراین، با بکارگیری دستگاه لوله گذار آبیاری زیرسطحی طراحی شده مشکل ناشی از کمبود تجهیزات روش نوین آبیاری قطره‌ای زیرسطحی رفع شده و کارگذاری لوله قطره چکان‌دار در عمق مناسب با دقت مطلوب امکان پذیر است و هزینه‌های تحمیل شده به کشاورزان را جهت نصب لوله‌ها به شدت کاهش می‌دهد.

منابع

[1] F. and A. O. of the U. N. (FAO), "Water for Sustainable Food and Agriculture–A Report Produced for the G20 Presidency of Germany." FAO Rome, 2017.

[2] J. Payero, C. Yonts, and S. Irmak, "EC05-776 Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation," *Hist. Mater. from Univ. Nebraska-Lincoln Ext.*, Jan. 2005.

[3] F. Valentín *et al.*, "Comparing evapotranspiration and yield performance of maize under sprinkler, superficial and subsurface drip irrigation in a semi-arid environment," *Irrig. Sci.*, vol. 38, no. 1, pp. 105–115, 2020, doi: 10.1007/s00271-019-00657-z.

[4] A. Pisciotta, R. Di Lorenzo, G. Santalucia, and M. G. Barbagallo, "Response of grapevine (Cabernet Sauvignon cv) to above ground and subsurface drip irrigation under arid conditions," *Agric. Water Manag.*, vol. 197, pp. 122–131, 2018.

[5] H. M. Al-Ghobari and A. Z. Dewidar, "Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions," *Agric. Water Manag.*, vol. 209, pp. 55–61, 2018.

[6] F. R. Lamm and C. R. Camp, "13. Subsurface drip irrigation," in *Developments in agricultural engineering*, vol. 13, Elsevier, 2007, pp. 473–551.

[7] J. E. Ayars, A. Fulton, and B. Taylor, "Subsurface drip irrigation in California—Here to stay?," *Agric. water Manag.*, vol. 157, pp. 39–47, 2015.

[8] **محمدی، م. کار پرورفرد، س. ح.، کامگار، س.، رحمتیان، م. "بهینه‌سازی و ارزیابی شرایط کاری تیغه خاک‌ورز جدید به‌منظور استفاده در خاک‌ورز مرکب" *ماشین های کشاورزی. ۱۳۹۹. جلد ۱۰ شماره ۲. ۲۷۳-۲۸۷***

Design, Construction and Performance Evaluation of Subsurface Drip Irrigation Pipe Installer Machine

Abstract

Water scarcity, especially in recent years, has forced farmers to adopt new irrigation techniques. Among these methods, subsurface drip irrigation is a type of pressured irrigation that increases water productivity. There is not a growing tendency among farmers to use subsurface irrigation systems despite being aware of the increasing water application efficiency because of the high initial costs of this method. The most difficult challenge in applying subsurface irrigation is to install the pipes at the desired depth below the soil surface at the beginning of the growing season without twisting. Labor cost per unit area of pipe installation is considerable. Therefore, the purpose of this study is to build and evaluate the pipe installer in subsurface drip irrigation. The device was built in the manufacturing and production lab at Biosystems Engineering department, Faculty of Agriculture, Shiraz University. Results of field experiments showed that the coefficient of variation (CV) of pipe installation for 20 and 30 cm depth were 1.4 and 1.3, respectively. Therefore, by using the designed subsurface irrigation pipe installer machine, the problem caused by the lack of equipment of the subsurface drip irrigation is solved and it is possible to install the pipe at the appropriate depth with the desired accuracy and reduce the costs imposed on farmers.

Key words: Mechanization, Localized irrigation, Depth of installation