طراحی و ارزیابی غلطک‌های تثبیت جویچه به منظور کاهش تلفات آبیاری

(مطالعه‌ی موردی آبیاری جویچه‌ای)

وحیدرضا وردی‌نژاد[۱*]، امیر نورجو[۲]، حسین محمدی مزرعه[۳]، افشین خورسند[۴]

۱و۴-به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ارومیه. ۲- پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه. ۳- پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: verdinejad@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۷

چکیده

در این مطالعه تأثیر غلطک تثبیت جویچه در بهبود پارامترهای آبیاری جویچه‌ای از قبیل زمان پیشروی، رواناب، نفوذ عمقی و بازده‌ی آبیاری در تیمارهای تثبیت با غلطک، بدون غلطک (شاهد) و چرخ تراکتورخورده، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در آذربایجان غربی طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰، مورد بررسی قرار گرفت. غلطک‌هایی در شش اندازه، شامل سه اندازه‌ی قطری (۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر) و دو اندازه‌ی عرضی (۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر)، طراحی و ساخته شد. ارزیابی، تحت سه وزنه‌ی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم که به روی غلطک‌ها اضافه گردید، انجام شد. در بین تیمارهای قطری، بیشترین میزان بازده‌ی آبیاری در تیمار غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر (۵۷/۴ درصد)، در بین تیمارهای عرضی غلطک، بیشترین بازده‌ی آبیاری در تیمار غلطک با عرض ۱۵ سانتیمتر (۵۵/۳ درصد) و در بین تیمارهای وزنی، بیشترین میزان بازده‌ی آبیاری درتیمار وزنه با وزن ۷۵ کیلوگرم (۵۵/۲ درصد) به دست آمد. متوسط بازده‌ی آبیاری در تیمارهای چرخ تراکتورخورده و تیمار شاهد بدون غلطک به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد حاصل شد. نتایج نشان داد که تأثیر قطر و عرض غلطک و میزان وزنه‌ی اعمال‌شده بر روی غلطک‌ها بر روی پارامترهای آبیاری و افزایش بازده‌ی آبیاری معنی‌داراست.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، ارزیابی عملکرد، بازده‌ی آبیاری، غلطک تثبیت جویچه، میاندوآب.

Designing and evaluating the compaction roller of furrows in order to reduce irrigation losses

(Case Study Furrow Irrigation)

V.Rezaverdinejad[1]*, A. Norjoo[2], H. Mohammadi[3], A. Khorsand[4]

1,4- Assistant Professor & MSc Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran. 2- Researcher, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Urmia, Iran. 3- Researcher, Eest Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Tabriz, Iran.

*(Corresponding Author Email: verdinejad@gmail.com)

Received: 8-6-2014
Accepted: 29-7-2014

Abstract

The present study investigates the effects of furrow compaction rollers on improving furrow irrigation parameters such as advance time, runoff, deep percolation and irrigation efficiency. This study was conducted based on rolled, non-rolled (traditional method) and tractor-wheel-compacted furrow treatments. The site was located in Mian-doab agriculctural research station, West Azerbaijan and the study was carried out between 2001-2002. Six rollers were designed and manufactured in different sizes of three diameters of 25, 40 and 55 cm and two widths of 12.5 and 15 cm. The evauation was conducted under three sinkers weighing 25, 50 and 75 kg which were loaded on the rollers. Among the different diameter roller treatments, the 55 cm roller had the highest irrigation efficiency (57.4%) and likewise 15 cm (55.3%) and 75kg (55.2%) rollers had the highest efficiecy among treatments with different roller widths and wieghts, respectively. Furthermore, resultes revealed that the average irrigation efficiency of wheel compacted and non-compacted furrows were respectively 48.9% and 45.4%. According to the results, it can be concluded that the rollers' width, diameter and sinkers have a significant impact on the irrigation parameters and can improve the irrigation effciency.

Keywords: furrow irrigation, performance evaluation, irrigation efficiency, furrow firming roller, miandoab.

مقدمه

آبیاری جوی و پشته از روش‌های متداول و کم هزینه‌ی آبیاری است. مشکل عمده‌ی آبیاری جوی و پشته‌ای، پایین بودن بازده‌ی آب آبیاری است که به‌طور عمده، ناشی از تلفات عمقی و تلفات رواناب سطحی است (عباسی، ۱۳۹۱). در آبیاری جویچه‌ای، جویچه‌ها غالباً با جویچه بازکن ایجاد می‌شوند که این ادوات موجب افزایش زبری جدار جویچه و سست‌شدن خاک بستر می‌گردد. لذا باعث افزایش نفوذ آب در خاک، شدت فرسایش جدار و درنتیجه انتقال رسوبات در طول جویچه‌ای را به دنبال دارد. تحکیم بستر جویچه علاوه بر تثبیت خاک، موجب صاف‌شدن و کاهش زبری جدار و درنتیجه باعث افزایش یکنواختی نفوذ آب در طول جویچه، کاهش تلفات نفوذ عمقی، املاح و مواد غذایی و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد (Khalid و Smith، ۱۹۷۸). از معایب تلفات نفوذ عمقی علاوه بر خارج‌شدن آب از دسترس گیاه، خروج مواد غذایی و علف‌کش‌ها و ورود آنها به آب‌های زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. برای تثبیت جویچه، غلطک‌های وزین عملکرد قابل قبولی در کاهش نفوذ عمقی داشته‌اند (Bondurant و James، ۱۹۸۳). با کنترل سرعت نفوذ و افزایش سرعت پیشروی، می‌توان بازده‌ی آبیاری را بهبود و قابلیت استفاده از آبیاری جوی و پشته را افزایش داد. با یک سانتیمتر نفوذ عمقی آب به‌طور متوسط ۱۴ کیلوگرم در هکتار، نیترات از بین میرود که این مقدار متأثراز عملیات کوددهی و آبیاری و زمان بارندگی است (Duke و همکاران، ۱۹۷۸). با متراکم و تثبیت‌کردن جویچه‌ها، می‌توان نفوذ عمقی را کاهش داد. برای این کار غلطک‌های وزین بهتر از انواع ابزار سورتمه‌ای عمل می‌کنند (Bondurant و James، ۱۹۸۳؛ Khalid و Smith، ۱۹۷۸). همچنین تراکم در کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری بعضی از خاک‌ها بسیار سودمند است (Lyle و Smerdon، ۱۹۶۵). براساس مطالعات، سرعت پیشروی جریان آب در جویچه‌ی تثبیت شده ۴۰٪ بیشتر از جویچه‌ی معمولی است لذا فرصت نفوذ در طول جویچه تقریباً یکسان شده و بدین ترتیب می‌توان انتظار یکنواختی توزیع بالا را داشت (Borrelli و همکاران، ۱۹۸۲). با ساخت ابزار متراکم‌کننده‌ی جویچه، تأثیر تراکم جویچه بر سرعت پیشروی آب توسط Fornstrom و همکاران (۱۹۸۵) مورد مطالعه قرار گرفت. ابزار شکل‌دهنده‌ی جویچه شامل چرخ‌های فارو به شکل V با قطر ۳۵ سانتیمتر بود طوری که هر چرخ فقط از فاروی مربوط به خود پیروی کرده و مستقل از حرکت ابزار شکل‌دهنده یا دیگر چرخ‌های متراکم‌کننده بوده است. یک قسمت وزین به هر واحد چرخ، متصل شده که آن هم به وزنه‌ی چمدانی مانند سنگین روی تراکتور، وصل شده است. قسمت وزین مستقیماً بالای چرخ تحکیم واقع شده است و مرکز ثقل وزنه‌ی اضافه شده مستقیماً از محور چرخ موقعی که واحد، مسطح و تراز است عبور می‌نماید، یک نگهدارنده به قسمت وزین متصل شده، طوری که واحد می‌تواند بالا آورده شود. کل هر واحد شکل‌دهنده ۷۷ کیلوگرم بوده که چهار وزنه‌ی چمدانی شکل ۳۶ کیلوگرمی در بالای هر واحد متصل شده بود (Fornstrom و همکاران، ۱۹۸۵). Musick و همکاران (۱۹۸۱) و همکاران تأثیر تحکیم حاصل از چرخ تراکتور در جویچه‌ها را ارزیابی کردند. براساس نتایج کار آنها، آب نفوذ کرده در فصل آبیاری از ۱۲۳ میلیمتر به ۸۲ میلیمتر و عمق آب زهکشی از ۲۹/۴٪ به ۹/۱٪ میزان آب آبیاری کاهش یافت. همچنین تحکیم حاصل از چرخ‌های تراکتور، متوسط جرم مخصوص ظاهری را از ۱/۲۶ به ۱/۶۲ تن در متر مکعب افزایش داد. کاهش نفوذ در جویچه‌ها بر عملکرد ذرت تأثیری نداشت. براساس نتایج تحقیق آنها تحکیم ضرب‌های جویچه در خاک‌های شنی با نفوذپذیری بالا، میزان نفوذ آب در آبیاری اول را به مقدار ۴۰ درصد کاهش داد (Musick و همکاران، ۱۹۸۱). یکی از مشکلات و مسائل مهم در روش آبیاری جویچه‌ای، کاهش تولید محصول به علت توزیع غیریکنواخت آب در طول جویچه بوده که یکنواختی توزیع آب با اصلاح جویچه و کاهش نفوذپذیری، افزایش یافت (Kemper و همکاران، ۱۹۸۲).

این مطالعه به منظور طراحی، ساخت و ارزیابی غلطک‌های تثبیت‌کننده‌ی جویچه با هدف امکان افزایش بازده‌ی آبیاری، یکنواختی توزیع و افزایش سرعت پیشروی آب در جویچه اجرا گردید. از ویژگی‌های این مطالعه نسبت به سایر مطالعات می‌توان به بافت خاک مورد مطالعه در این تحقیق (لوم رسی) و لحاظ دامنه وسیع از غلطک‌ها و وزنه‌های تثبیت اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر غلطک‌ها در بازده‌ی آبیاری، طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار با شش نوع غلطک و با سه وزنه‌ی متفاوت (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم)، مجموعاً در ۱۸ تیمار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان میاندوآب به اجرا درآمد. اندازه‌ی غلطک‌ها: قطر×عرض شامل: ۱۲/۵×۲۵، ۱۵×۲۵، ۱۲/۵×۴۰، ۱۵×۴۰، ۱۲/۵×۵۵ و ۱۵×۵۵، سانتیمتر× سانتیمتر (سه قطر ۲۵، ۴۰ و ۵۵ و دو عرض ۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر) در نظر گرفته شد. عرض بهینه‌ی غلطک‌های مورد استفاده برای تثبیت جویچه بنا به پیشنهاد کپنر، ۱۲/۵ تا ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد (کپنر، ۱۳۷۱). تیمارهای وزنی شامل سه وزنه: ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم، برای مطالعه در روی هر یک از غلطک‌ها و به صورت عمودی در بالای غلطک‌ها قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر تیمارها و مقایسه‌ی آنها، مزرعه‌ای در حوالی شهرستان میاندوآب در جنوب دریاچه‌ی ارومیه و پایین‌دست حوزه‌ی رودخانه‌ی زرینه‌رود انتخاب گردید. در این مزرعه پس از

عملیات اولیه‌ی خاک‌ورزی، جویچه‌هایی به طول ۱۲۰ متر ایجاد شد. جهت اندازه‌گیری پیشروی و پسروی جریان، جویچه‌ها با فواصل ده متر میخکوبی گردید. بافت خاک مزرعه از نوع لومسیلتی، ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی به ترتیب ۱۴/۷ و ۲۶/۶ درصد وزنی و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۳ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری شد. در ابتدا و انتهای جویچه‌ها، فلوم WSC تیپ یک و دو به منظور اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی، نصب گردید. پیشروی و پسروی آب با استفاده از کرنومتر و میخکوبی‌های به عمل آمده در طول جویچه، ثبت گردید. شیب طولی ۰/۴۸ درصد و دبی اولیه در حدود ۰/۷ لیتر در ثانیه برای تمام جویچه‌ها با یک دستگاه تانک مجهز به کنتور آب و شیر کنترل، تثبیت گردید. برای هر آزمایش سه جویچه انتخاب و جویچه‌ی میانی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای لازم در نظر گرفته شد. مدت زمان آبیاری براساس تأمین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و تا عمق ۴۰ سانتیمتر در انتهای جویچه و براساس معادله‌ی نفوذ، محاسبه گردید.

نتایج و بحث

-تأثیر قطر غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

تأثیر قطر غلطک بر زمان پیشروی، حجم رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازده‌ی کاربرد معنی‌دار بود (مطابق جدول ۱). در جویچه‌های غلطک‌خورده با قطر ۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر، زمان پیشروی به ترتیب ۳۳/۵، ۴۶/۰ و ۵۰/۰ درصد کاهش یافت. در ضمن؛ جویچه‌ی چرخ‌خورده نیز وضعیت مطلوب‌تری نسبت به جویچه‌ی معمولی داشت. زمان پیشروی آب در این جویچه‌ها با حدود ۲۵٪ کاهش، می‌تواند در افزایش بازده نقش بسزایی را داشته باشد. تأثیر قطر غلطک در رواناب خروجی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و قطرهای ۲۵ و ۴۰ سانتیمتر، در یک گروه واقع شده‌اند. مقایسه‌ی حجم رواناب در جویچه‌های

جدول ۱- تأثیر قطر غلطک بر متغیرهای آبیاری: زمان پیشروی، حجم رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازده‌ی آبیاری جویچه در تیمارهای مختلف

متغیر آبیاری	قطر غلطک (سانتیمتر)	زمان پیشروی (دقیقه)	درصد کاهش یا افزایش* (نسبت به تیمار شاهد)
زمان پیشروی (دقیقه)	۲۵	۲۹/۵۶ (a)**	۳۳/۵
	۴۰	۲۴/۲۵ (b)**	۴۶
	۵۵	۲۲/۴۴ (c)**	۵۰
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۳۳/۷۲	۲۴/۹
	بدون غلطک (شاهد)	۴۴/۹	۰
رواناب (لیتر)	۲۵	۴۱۰/۱۲ (a)	۱۳/۴
	۴۰	۴۱۲/۷۱ (a)	۱۴/۱
	۵۵	۳۹۹/۵۴ (b)	۱۰/۴
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۳۹۲/۲۵	۸/۴
	بدون غلطک (شاهد)	۳۶۱/۷۵	۰
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۲۵	۱۲۳۹/۸ (a)	۳۴/۲
	۴۰	۱۰۱۷/۰ (b)	۴۶/۱
	۵۵	۹۴۲/۱ (c)	۵۰/۰
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۱۴۱۶/۰	۲۴/۹
	بدون غلطک (شاهد)	۱۸۸۵/۷	۰
بازده‌ی آبیاری (درصد)	۲۵	۵۰/۵ (a)	۱۱/۲
	۴۰	۵۶/۲ (b)	۲۳/۸
	۵۵	۵۷/۴ (c)	۲۶/۴
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۴۸/۹	۷/۷
	بدون غلطک (شاهد)	۴۵/۴	۰

* در مورد متغیرهای زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی: کاهش و در مورد متغیرهای رواناب و بازده‌ی آبیاری: افزایش

** اعداد دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ (براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن) ندارند.

غلطک‌خورده و چرخ‌خورده با جویچه‌ی شاهد (بدون غلطک) نشان داد که کاربرد هر وسیل‌های که منجر به تحکیم بستر جویچه شود، موجب افزایش رواناب می‌گردد که جزء تلفات آب محسوب می‌شود. با کاربرد غلطک در قطرهای ۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر و استفاده از چرخ تراکتور در تحکیم جویچه، افزایش رواناب به ترتیب به میزان ۱۳/۴، ۱۴/۱، ۱۰/۴ و ۸/۴ درصد نسبت به جویچه‌ی شاهد مشاهده گردید. قطر غلطک در کاهش تلفات عمقی نفوذ دارای تأثیر مثبت و در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. با افزایش قطر غلطک، میزان تلفات نفوذ کاهش پیدا کرد. میزان تلفات نفوذ عمقی در قطرهای ۲۵، ۴۰ و ۵۰ سانتیمتر به ترتیب ۱۲۳۹، ۱۰۱۷ و ۹۴۲ لیتر به دست آمد که با افزایش قطر از ۲۵ به ۴۰ و ۵۰ سانتیمتر، تلفات نفوذ به ترتیب ۱۷/۹ و ۲۴/۰ درصد کاهش داشت. مقایسه‌ی جویچه‌های غلطک‌خورده با جویچه‌ی شاهد نیز نشان داد که تلفات نفوذ در قطرهای مذکور به ترتیب ۳۴/۲، ۴۶/۱ و ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. علاوه بر این، در جویچه‌هایی که محل تردد چرخ تراکتور هستند، تلفات نفوذ تا ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۱).

تأثیر قطر غلطک در بازده‌ی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و قطرهای ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر در یک گروه واقع شده‌اند. با افزایش قطر غلطک از ۲۵ به ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر، بازده‌ی آبیاری از ۵۰/۵ به ترتیب به ۵۶/۲ و ۵۷/۴ درصد افزایش یافت. مقایسه‌ی جویچه‌های غلطک‌خورده با شاهد نشان داد که با کاربرد غلطک در قطرهای فوق به ترتیب بازده‌ی ۱۱/۲، ۲۳/۸ و ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دارد. این افزایش در جویچه‌ی چرخ‌خورده ۷/۷٪ به دست آمد. به این ترتیب با تثبیت جویچه تحت قطر غلطک ۵۵ سانتیمتر، امکان کاهش تلفات نفوذ عمقی به میزان ۵۰٪، افزایش رواناب به میزان ۱۰/۴٪ و افزایش بازده‌ی کاربرد به میزان ۲۶/۴٪ وجود دارد.

- تأثیر عرض غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

به منظور بررسی تأثیر عرض غلطک بر پارامترهای آبیاری، غلطک‌ها در دو عرض ۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر ساخته شد. براساس بررسی‌های آماری، تأثیر عرض غلطک به غیر از رواناب در سایر عوامل آبیاری معنی‌دار نبود. در مقایسه با جویچه‌ی بدون غلطک (شاهد)، مشاهده گردید که زمان پیشروی و تلفات نفوذ در تیمار غلطک‌خورده ۴۳ درصد کاهش و بازده‌ی آبیاری در حدود ۲۲ درصد افزایش داشت. در جویچه‌ی چرخ‌خورده نیز اثرات محسوسی مشاهده گردید؛ به‌طوریکه زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی در حدود ۲۵ درصد کاهش، و بازده‌ی آبیاری در حدود ۸ درصد افزایش داشت (مطابق جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر عرض غلطک در زمان پیشروی، تلفات نفوذ، بازدهی آبیاری و افزایش رواناب در تیمارهای آزمایش

عرض غلطک (سانتیمتر)	**زمان پیشروی** (دقیقه)	**تلفات نفوذ عمقی** (لیتر)	**بازده‌ی آبیاری** (درصد)	**حجم رواناب** (لیتر)	**درصد افزایش** (نسبت به تیمار شاهد)
۱۲/۵	۲۵/۴	۱۰۶۶/۵	۵۴/۱	۴۱۵/۵ (a)	۱۴/۹
۱۵	۲۵/۴	۱۰۶۶/۲	۵۵/۳	۴۰۰/۰ (b)	۱۰/۶
جویچه‌ی چرخ‌خورده	۳۳/۷	۱۴۱۶/۰	۴۸/۹	۳۹۲/۲	۸/۴
بدون غلطک (شاهد)	۴۴/۹	۱۸۸۵/۷	۴۵/۴	۳۶۱/۷	۰

- تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک

تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک در سرعت پیشروی آب در جویچه و بازده‌ی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل زمان پیشروی، از غلطک به قطر ۵۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و حداکثر سرعت پیشروی، از غلطک به قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و به ترتیب برابر ۲۱/۸ و ۳۰/۸ دقیقه، به دست آمد. زمان پیشروی آب در جویچه‌ی شاهد برابر ۴۴/۹ دقیقه به دست آمد که با این ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۵۱ درصد و حداقل ۳۱ درصد کاهش در زمان پیشروی نشان داده شد (مطابق جدول ۳). تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک بر روی رواناب نیز در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بود. حداقل رواناب از غلطک با قطر ۵۵ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۴۰ و عرض ۱۲/۵ حاصل شد. رواناب انتهای جویچه در تیمار شاهد برابر ۳۶۳ لیتر به دست آمد که بدین ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۱۷/۶ درصد و حداقل ۵/۷ درصد در افزایش رواناب تأثیر داشت (جدول ۳). تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک در تلفات نفوذ عمقی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۵۵ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شد. میزان تلفات نفوذ در جویچه‌ی شاهد برابر ۱۸۸۶ لیتر به دست آمد. این ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۵۱/۳ درصد و حداقل ۳۱/۶ درصد باعث کاهش تلفات نفوذ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). تأثیر متقابل

قطر و عرض غلطک بر بازده‌ی آبیاری نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل بازده از غلطک با قطر ۴۰ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شد. بازده‌ی آبیاری در جویچه‌ی شاهد برابر ۴۵/۴ درصد بوده که با کاربرد غلطک، حداکثر ۲۸/۴ درصد و حداقل ۹/۲ درصد در افزایش بازده نسبت به شاهد تأثیر داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک بر متغیرهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازده‌ی آبیاری جویچه‌ای

متغیر آبیاری	عرض غلطک (سانتیمتر)	قطر غلطک (سانتیمتر)		
		۲۵	۴۰	۵۵
زمان پیشروی (دقیقه)	۱۲ /۵	۲۸/۳۲ (b)	۲۴/۸۴ (c)	۲۳/۰۱ (de)
	۱۵	۳۰/۷۹ (a)	۲۳/۶۷ (cd)	۲۱/۸۷ (e)
کاهش زمان پیشروی (درصد)	۱۲/۵	۳۶/۹	۴۴/۷	۴۸/۷
	۱۵	۳۱/۴	۴۷/۳	۵۱/۳
حجم رواناب (لیتر)	۱۲/۵	۴۰۴/۵۰(b)	۴۲۵/۲۵(a)	۴۱۶/۸۳(ab)
	۱۵	۴۱۵/۷۵(ab)	۴۰۲/۱۷(b)	۳۸۲/۲۵(c)
افزایش رواناب نسبت به جویچه‌ی شاهد (درصد)	۱۲/۵	۱۱/۸	۱۷/۶	۱۵/۲
	۱۵	۱۴/۹	۱۱/۲	۵/۷
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۱۲/۵	۱۱۹۰(b)	۱۰۴۳(c)	۹۶۷(de)
	۱۵	۱۲۹۰(a)	۹۹۱(cd)	۹۱۸(e)
کاهش تلفات نفوذ نسبت به تیمار شاهد (درصد)	۱۲/۵	۳۶/۹	۴۴/۷	۴۸/۷
	۱۵	۳۱/۶	۴۷/۵	۵۱/۳
بازده‌ی آبیاری (درصد)	۱۲/۵	۵۱/۵۰ (cd)	۵۴/۱۷ (bc)	۵۶/۶۲ (ab)
	۱۵	۴۹/۵۹ (d)	۵۸/۳۲ (a)	۵۸/۱۵ (a)
افزایش بازده‌ی آبیاری نسبت به تیمار شاهد (درصد)	۱۲/۵	۱۳/۴	۱۹/۳	۲۴/۷
	۱۵	۹/۲	۲۸/۴	۲۸/۱

- تأثیر وزنه‌ی غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

سه وزنه‌ی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی به منظور بررسی تأثیر وزنه‌ها بر پارامترهای آبیاری تهیه و در بالای غلطک‌ها به کار برده شد. براساس بررسی‌های آماری، تأثیر وزنه‌ها در سرعت پیشروی آب در جویچه‌ها، تلفات نفوذ عمقی و رواناب، در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و تأثیر آن بر بازده‌ی آبیاری معنی‌دار نبود. زمان پیشروی و تلفات نفوذ، با افزایش وزنه درحالی که وزنه‌های ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی در یک گروه واقع شده بودند، کاهش یافت. به عبارتی؛ تغییر وزنه از ۵۰ به ۷۵ کیلوگرم تأثیر معنی‌دار در کاهش زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی نداشت. رواناب خروجی از جویچه با افزایش وزنه، افزایش نشان داد. زمان پیشروی در وزنه‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی نسبت به جویچه‌ی شاهد یا معمولی (غلطک‌نخورده) به ترتیب ۴۰/۲، ۴۵/۰ و ۴۴/۹ درصد و تلفات نفوذ عمقی به همان ترتیب ۴۰/۳، ۴۵/۰ و ۴۵/۱ درصد کاهش نشان داد. در مقابل، میزان رواناب خروجی در وزنه‌های فوق‌الذکر نسبت به جویچه‌ی معمولی (شاهد) به ترتیب ۸/۵، ۱۳ و ۱۶/۷ درصد افزایش یافت (مطابق جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر وزنه بر پارامترهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازده‌ی آبیاری

وزنه (کیلوگرم)	زمان پیشروی (دقیقه)	رواناب (لیتر)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	بازده‌ی آبیاری (درصد)
۲۵	۲۶/۸۵ (a)	۳۹۲/۳۷ (c)	۱۱۲۶/۰۴ (a)	۵۴/۳۲ (a)
۵۰	۲۴/۶۹ (b)	۴۰۸/۹۶ (b)	۱۰۳۶/۸۷ (b)	۵۴/۶۷ (a)
۷۵	۲۴/۷۲ (b)	۴۲۲/۰۴ (a)	۱۰۳۶/۱۲ (b)	۵۵/۱۸ (a)

- تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر متغیرهای آبیاری

قطر غلطک و میزان وزنه تأثیر متقابل معنی‌داری در سطح ۱٪ بر سرعت پیشروی آب به داخل جویچه داشت. بیشترین سرعت پیشروی مربوط به غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی و کمترین آن مربوط به غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی بوده است (مطابق جدول ۵). در مقایسه با سرعت پیشروی در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر و وزنه در کاهش زمان پیشروی حداقل ۲۸/۷ و حداکثر ۵۲/۱ درصد بود. بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش توأم قطر غلطک و میزان وزنه، زمان پیشروی کاهش و به عبارتی سرعت پیشروی آب در جویچه افزایش می‌یابد. همچنین تأثیر افزایش میزان وزنه در قطرهای پایین غلطک محسوس‌تر بوده، به‌طوریکه در غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر، افزایش میزان وزنه‌ها تأثیر معنی‌داری در سرعت پیشروی نداشته و وزنه‌های مختلف در قطر مذکور در یک کلاس واقع شده‌اند (جدول ۵).

مطابق جدول (۵)، تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر روی رواناب خروجی جویچه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین رواناب (۴۲۵/۳۷ لیتر) مربوط به غلطک با قطر۴۰ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی بوده و کمترین آن (۳۷۳/۳۷ لیتر) از غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی حاصل شد. در مقایسه با حجم رواناب در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر غلطک و میزان وزنه در افزایش رواناب، حداقل ۳/۲ و حداکثر ۱۷/۶ درصد به دست آمد. تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر روی تلفات نفوذ در جویچه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

براساس جدول (۵)، بیشترین تلفات (۱۳۴۴/۳۷ لیتر) مربوط به غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتربه همراه وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی بوده و کمترین آن (۹۰۱/۳۷ لیتر) از غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی حاصل شد. در مقایسه با تلفات نفوذ در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات، حداقل ۲۸/۷ و حداکثر ۵۲/۲ درصد بود. قطر غلطک و میزان وزنه، دارای تأثیر متقابل معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی بازده‌ی آبیاری در جویچه بود. بیشترین بازده مربوط به غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی (۵۸/۳۶٪) بوده و کمترین آن از غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی (۴۸/۵۱٪) حاصل شد. در مقایسه با بازده‌ی جویچه‌ی بدون غلطک (شاهد)، تأثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات حداقل ۶/۸ و حداکثر ۲۸/۵ درصد بود (مطابق جدول ۵).

- تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه

مقایسه‌ی میانگین تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه در جدول (۶) ارائه شده است. عرض غلطک و وزنه‌ها بر روی بازده‌ی آبیاری تأثیر معنی‌دار نداشت، ولی در سرعت پیشروی و تلفات نفوذ عمقی در سطح ۱٪ تأثیر معنی‌دار داشت. در وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی تغییر عرض غلطک معنی‌دار نبود و مناسب‌ترین وزنه در هر دو عرض، وزن ۵۰ کیلوگرم بود.

جدول ۵- تأثیر متقابل قطر غلطک و وزنه بر متغیرهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازده‌ی آبیاری

متغیر آبیاری	وزنه (کیلوگرم)	قطر غلطک (سانتیمتر)		
		۲۵	۴۰	۵۵
زمان پیشروی (دقیقه)	۲۵	۳۲/۰۱ (a)	۲۵/۱۲ (cd)	۲۳/۴۱ (def)
	۵۰	۲۶/۸۶ (c)	۲۴/۷۷ (de)	۲۲/۴۲ (f)
	۷۵	۲۹/۸۰ (b)	۲۲/۸۶ (ef)	۲۱/۴۹ (f)
رواناب خروجی (لیتر)	۲۵	۳۹۷/۳۷ (c)	۴۰۶/۳۷ (bc)	۳۷۳/۳۷ (d)
	۵۰	۴۱۱/۲۵ (abc)	۴۰۹/۳۷ (abc)	۴۰۶/۲۵ (bc)
	۷۵	۴۲۱/۷۵ (ab)	۴۲۵/۳۷ (a)	۴۱۹/۰۰ (ab)
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۲۵	۱۳۴۴/۳۷ (a)	۱۰۵۰/۵۰(cd)	۹۸۳/۲۵(def)
	۵۰	۱۱۲۸/۲۵ (c)	۱۰۴۰/۵۰(de)	۹۴۱/۸۷ (f)
	۷۵	۱۲۴۷/۰۰ (b)	۹۶۰/۰۰ (ef)	۹۰۱/۳۷ (f)
بازده‌ی آبیاری (درصد)	۲۵	۴۸/۵۱ (d)	۵۰/۰۰ (a)	۵۶/۴۶ (ab)
	۵۰	۵۲/۷۷ (bcd)	۵۳/۸۹ (abc)	۵۷/۳۴ (a)
	۷۵	۵۰/۳۵ (cd)	۵۶/۸۴ (ab)	۵۸/۳۶ (a)

- تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک با وزنه

تأثیر عرض و قطر غلطک با وزنه‌های متفاوت در زمان پیشروی رواناب، تلفات نفوذ و بازده‌ی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. پارامترهای مذکور در تیمارهای مختلف در جدول (۷) آورده شد. حداکثر سرعت پیشروی از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرم با زمان پیشروی ۲۰ دقیقه و کمترین سرعت پیشروی از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی با زمان پیشروی ۳۴ دقیقه بدست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب ۵۵/۴ و ۲۴/۲ درصد موجب کاهش زمان پیشروی گردیدند. بیشترین رواناب از غلطک با قطر ۴۰، عرض ۱۲/۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی برابر ۴۴۷/۷ لیتر در طول آزمایش و کمترین رواناب از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۳۴۲ لیتر به دست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب موجب ۱۹/۲٪ افزایش و ۵/۴٪ کاهش در میزان رواناب گردیدند. بیشترین تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۱۴۲۷ لیتر در طول جویچه و کمترین تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی برابر ۸۴۰ لیتر در طول جویچه به دست آمد، که در مقایسه با شاهد، به ترتیب ۲۴/۳ و ۵۵/۴ درصد موجب کاهش تلفات نفوذ عمقی گردیدند. حداکثر بازده‌ی آبیاری از غلطک با قطر ۴۰، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۶۴/۰ و کمترین آن از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۴۶/۹٪ به دست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب ۴۰/۹ و ۳/۲ درصد موجب افزایش بازده‌ی آبیاری گردیدند.

جدول ۶- تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه در زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی

تیمار	زمان پیشروی (دقیقه)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۲۵ کیلوگرمی	۲۶/۶ (a)	۱۱۱۷/۰ (a)
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۵۰ کیلوگرمی	۲۵/۶ (ab)	۱۰۷۵/۸ (ab)
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۷۵ کیلوگرمی	۲۳/۹ (bc)	۱۰۰۶/۵ (bc)
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۲۵ کیلوگرمی	۲۷/۱ (a)	۱۱۳۵/۰ (a)
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۵۰ کیلوگرمی	۲۳/۷ (c)	۹۹۷/۹ (c)
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۷۵ کیلوگرمی	۲۵/۴ (ab)	۱۰۶۵/۷ (abc)

جدول ۷- تأثیر قطر، عرض و وزنه بر پارامترهای مختلف آبیاری

تیمار	زمان پیشروی (دقیقه)	حجم رواناب (لیتر)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	بازده‌ی آبیاری (درصد)
D25W12.5M25**	۲۷/۶(cde)	۴۰۶/۲(bcd)	۱۱۵۸/۰(cde)	۵۱/۸(defg)
D25W12.5M50	۲۴/۹(defgh)	۴۲۱/۷(bc)	۱۰۴۷/۷(defgh)	۵۲/۹(cdefg)
D25W12.5M75	۲۲/۰(hij)	۴۴۷/۷(a)	۹۲۳/۷(hij)	۵۷/۶(bcd)
D25W15M25	۲۲/۷(ghi)	۴۰۶/۵(bcd)	۹۴۳/۰(hij)	۶۴/۰(a)
D25W15M50	۲۴/۶(efgh)	۳۹۷/۰(cd)	۱۰۳۳/۲(efgh)	۵۴/۸(bcde)
D25W15M75	۲۳/۷(ghi)	۴۰۳/۰(cd)	۹۹۶/۲(ghi)	۵۶/۰(bcde)
D40W12.5M25	۳۰/۰(bc)	۳۸۳/۲(d)	۱۲۶۱/۷(bc)	۵۰/۱(efg)
D40W12.5M25	۲۷/۹(cd)	۴۱۰/۰(bcd)	۱۱۷۴/۰(cd)	۵۱/۷(defg)
D40W12.5M50	۲۷/۰(def)	۴۲۰/۲(bc)	۱۱۳۳/۰(def)	۵۲/۷(cdefg)
D40W15M25	۳۴/۰(a)	۴۱۱/۵(bc)	۱۴۲۷/۰(a)	۴۶/۹(g)
D40W15M50	۲۵/۸(defg)	۴۱۲/۵(bc)	۱۰۸۲/۵(defg)	۵۳/۹(bcdef)
D40W15M75	۳۲/۶(ab)	۴۲۳/۲(abc)	۱۳۶۱/۰(ab)	۴۸/۰(fg)
D55W12.5M25	۲۲/۱(hij)	۴۰۴/۷(bcd)	۹۳۱/۵(hij)	۵۷/۶(bcd)
D55W12.5M50	۲۳/۹(fghi)	۴۱۳/۷(bc)	۱۰۰۵/۷(fghi)	۵۵/۶(bcde)
D55W12.5M75	۲۲/۹(ghij)	۴۳۲/۰(ab)	۹۶۲/۷(ghij)	۵۶/۶(bcde)
D55W15M25	۲۴/۶(efgh)	۳۴۲/۰(e)	۱۰۳۵/۰(efgh)	۵۵/۳(bcde)
D55W15M50	۲۰/۹(ij)	۳۹۸/۷(cd)	۸۷۸/۰(ij)	۵۹/۰(abc)
D55W15M75	۲۰/۰(j)	۴۰۶/۰(bcd)	۸۴۰/۰(j)	۶۰/۱(ab)

**D25W12.5M25: غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۲/۵ سانتیمتر و با وزن ۲۵ کیلوگرم

نتیجه‌گیری

با توجه به تأثیر تثبیت جویچه بر متغیرهای آبیاری، این تحقیق به منظور مطالعه‌ی تأثیر غلطک‌ها و وزنه‌های مختلف آنها بر بازده‌ی آبیاری، سرعت پیشروی آب در جویچه، میزان تلفات نفوذ عمقی و میزان رواناب خروجی انجام گرفت. نتایج نشان داد که به‌طور کلی استفاده از غلطک‌های تثبیت جویچه، پارامترهای آبیاری را بهبود می‌بخشد. به‌طور متوسط بازده‌ی آبیاری، سرعت پیشروی آب، میزان تلفات نفوذ عمقی و میزان رواناب در تیمارهای چرخ‌خورده و غلطک‌نخورده به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد، ۳۳/۷ و ۴۴/۹ دقیقه، ۱۴۱۶ و ۱۸۸۵ لیتر و۳۹۲ و ۳۶۱ لیتر به دست آمد. در مقایسه با تیمارهای فوق‌الذکر، با توجه به اینکه تیمار D25W15M25 (غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و با وزن ۲۵ کیلوگرم) بازده‌ی بهتری داشته و از نظر هزینه‌ی ساخت نسبت به سایر تیمارها دارای هزینه‌ی کمتری بوده، به عنوان بهترین تیمار از نظر اقتصادی، مصرف انرژی و تأثیر بهینه بر پارامترهای آبیاری، پیشنهاد می‌شود.

منابع

کپنر، آر. ۱۳۷۱. اصول ماشین‌های کشاورزی. ترجمه: شفیعی، ا. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

عباسی، ف. ۱۳۹۱. اصول جریان در آبیاری سطحی. انتشارات کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران.

Bondurant J., and James A. 1983. Predicting soil erosion under furrow irrigation by tractive force theory. ASAE Paper No.83-2089, ASAE.St Joseph, MI 49085.

Borrelli J., Fornstrom K.J., Brosz D.J. and Jackson G.D. 1982. Sediment yield and its control from fann land in the Bitter Creek drainage at Powell, Wyoming. Final report submitted to State of Wyoming, Department of Environmental Quality, Cheyenne, Wyoming.

Duke H.R., Smika D.E. and Heermann D.F. 1978. Groundwater contamination by fertilizer nitrogen. Journal Irrigation an Drainage Division ASCE, 104 (IR3): 283-291.

Khalid M. and Smith J.L. 1978. Control of furrow infiltration by compaction. Transaction of the ASAE, 21 (4): 654-657.

Musick J.T., Dusek D.A. and Schneider D. 1981. Deep tillage of irrigation pull man clay loam a long – term evaluation. Transaction of the ASAE, 24 (6): 1515–1519.

Fornstrom K.J., Miehel J.A., Jackson J.D. and Jackson G.D. 1985. Furrow firming for control of irrigation advance rates. Transaction of the ASAE, 28 (2):529-531.

Lyle W.M. and Smerdon E.T. 1965. Relation of compaction and other soil properties to erosion resistance of soils. Transaction of the ASAE, 8(3): 419-422.

Kemper W.D., Ruffing B.J. and Bondurant J.A. 1982. Furrow intake rate and water management.Transaction of the ASAE, 25 (2): 333-339.