

کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳ آذر ماه ۱۳۸۴

افزایش راندمان آبیاری در آبیاری شیاری با غلتک‌های تثبیت شیار

امیر نوریجو^۱، حسین محمدی مزرعه^۲

۱- چکیده:

آبیاری جوی و پشته از روشهای متداول و کم هزینه آبیاری بوده و غالب کشتهای ردیفی در کشور به این طریق آبیاری می‌شوند. از طرفی به علت پایین بودن راندمان آبیاری سطحی در سطح مزارع، سالانه ضمن اینکه مقادیر زیادی آب و انرژی تلف میشود، از کیفیت اراضی کاسته شده و آفات و امراض نیز افزایش می‌یابد. تراکم بستر شیار از روشهای افزایش سرعت پیشروی آب در شیار و کاهش زمان آبیاری و در نتیجه افزایش راندمان به شمار می‌رود. در این تحقیقی به منظور بررسی اثر تراکم شیارها در کشتهای ردیفی بر سرعت پیشروی و راندمان آبیاری، غلتک‌هایی در شش اندازه (سه اندازه قطری ۲۵، ۴۰ و ۵۵ و دو اندازه عرضی ۱۲/۵ و ۱۵ سانتی متر) طراحی و ساخته شده و تحت سه تیمار وزنی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در خاک لومی سیلتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد این غلتک‌ها با شیارهای دست نخورده (شاهد) و شیارهای شکل داده شده با شیپر و شیارهای متراکم شده با چرخ تراکتور مقایسه گردید. نتایج حاصله نشان داد که اثر قطر و عرض غلتک و میزان وزن اعمال شده بر روی غلتک بر روی پارامترهای آبیاری معنی‌دار بود.

در بین تیمارهای قطری بیشترین میزان راندمان آبیاری در تیمار قطر غلتک ۵۵ سانتی متر، ۵۷/۴ درصد و در بین تیمارهای عرض غلتک بیشترین میزان راندمان آبیاری در تیمار عرض غلتک ۱۵ سانتی متر، ۵۵/۳ درصد و در بین تیمارهای وزنی بیشترین میزان راندمان آبیاری مربوط به تیمار وزن ۷۵ کیلوگرم، ۵۵/۱۸ درصد بود. متوسط راندمان آبیاری در تیمارهای شیار چرخ تراکتور خورده و تیمار شاهد غلتک نخورده به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از غلتک‌های تثبیت شیار باعث افزایش میزان راندمان آبیاری شده است.

۱- محقق آبیاری و زهکشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

۲- محقق ماشینهای کشاورزی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

۲-مقدمه:

آبیاری جوی و پشته از روشهای متداول و کم‌هزینه آبیاری می‌باشد. از معایب عمده این روش، پایین بودن بازده آبیاری می‌باشد. با کنترل سرعت نفوذ و افزایش سرعت پیشروی آب، می‌توان راندمان آبیاری را بهبود بخشیده و قابلیت استفاده از آبیاری جوی و پشته را افزایش داد. روشهای مختلفی برای کنترل سرعت نفوذ آب وجود دارد، که به غیر از روش تراکم مکانیکی، سایر روشها نیازمند صرف هزینه و انرژی زیادی هستند. در روش تراکم مکانیکی، اطراف و ته شیارها با ادوات مکانیکی متراکم می‌شوند. از بهبود توزیع یکنواختی آب در مزارع، ذخیره آب، کاهش زمان آبیاری و کاهش خطر غرقابی و شوری می‌توان به عنوان مزایای این روش نام برد.

با هر سانتی متر نفوذ عمقی آب به طور متوسط ۱۴ کیلو گرم در هکتار نیترات از بین می‌رود که این مقدار متاثر از عملیات کوددهی و آبیاری و زمان بارندگی میباشد. همچنین در مطالعات در پلاتهایی که بطور مرسوم آماده شده اند بعلت نیاز به دبی ورودی بالا، فرسایش خاک زیاد است (Duk et al. , 1978). با متراکم کردن فاروها، میتوان نفوذ عمقی را کاهش داد. برای این کار غلتک‌های وزین بهتر از انواع ابزار سورت‌مه ای عمل میکند (Khalid and smith, 1978 - Bondurant, 1983). تراکم در کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری بعضی از خاک‌ها بسیار سودمند است (Lyle & Smerdon , 1965).

با ساخت ابزار متراکم کننده شیار، تاثیر تراکم شیار بر سرعت پیشروی آب مورد مطالعه قرار گرفت. ابزار شکل دهنده فارو شامل چرخهای فارو بشکل V با قطر ۲۵ سانتیمتر که لولا شده به طوری که هر چرخ فقط از فاروی مربوط به خود پیروی کرده و مستقل از حرکت ابزار شکل دهنده یا دیگر چرخهای متراکم کننده بود. یک قسمت وزین به هر واحد چرخ متصل شده که آنهم به وزنه چمدانی مانند سنگین روی تراکتور وصل شده است. قسمت وزین مستقیماً بالای چرخ تحکیم واقع شده است و مرکز ثقل وزنه 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 شکل دهنده ۷۷ کیلو گرم است. چهار وزنه چمدانی شکل ۳۶ کیلو گرمی در بالای هر واحد متصل شده بود (Fornstorn et. al. , 1985).

بعد از ساخت دستگاه در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ در مرکز توسعه و تحقیقات پاول، میزان پیشروی آب در فاروهای معمولی مقایسه گردید. داده‌های فاروهای دست خورده (شیار چرخ خورده)، فاروهای نرم شده و متوسط نشان داد در همه حالات مسافت پیشروی آب در فاروهای متراکم شده بیشتر بوده است. آزمایشات در سال ۱۹۸۲ نشان داد که میزان پیشروی آب در هر دو پلات شامل پلاتهای بدون خاکورزی و خاکورزی مرسوم، افزایش یافته است. مسافت پیشروی بدست آمده در پلاتهای بدون خاکورزی، موقعی که واحد مستحکم کننده ۱۴۴ کیلو گرم سنگینی داشت دوبار اندازه گیری شد و این مقدار تقریباً ۴۰ درصد بیشتر از مسافت پیشروی در پلاتهای با خاکورزی مرسوم بود. مسافت پیشروی آب در فاروهای بدون خاک ورزی

بعد از استحکام، به حد مسافت پیشروی آب در فاروهای با خاک ورزی مرسوم رسید. آزمایشات بیشتر در سال ۱۹۸۳ و در پاول شامل فاروهای معمولی مستحکم شده بدون وزنه و مستحکم شده با وزنه ۱۴۴ کیلو گرمی بوده است. این آزمایشها نشان داد که وزنه‌های اضافی برای افزایش میزان پیشروی آب در خاکهای منطقه پاول مورد نیاز است.

این مساله همچنین در مقایسه با فاروهای چرخ خورده و غیر چرخ خورده، نشان داده شد. فاروهای چرخ خورده معمولی در مقایسه با فاروهای غیر چرخ خورده، پس از استحکام، میزان پیشروی بیشتری داشتند. در هر صورت کاربرد وسیله مستحکم کننده در بهبود میزان پیشروی آب آبیاری موفقیت آمیز بوده است. تاثیر تحکیم حاصل از چرخ تراکتور در شیارها توسط موسیک و همکاران مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق این تحقیق، آب نفوذ کرده در فصل آبیاری از ۱۲۳ میلی متر به ۸۲ میلی متر کاهش یافته و عمق آب زهکشی از ۲۹/۴ درصد به ۹/۱ درصد میزان آب آبیاری رسید. همچنین تحکیم حاصل از چرخهای تراکتور، متوسط جرم مخصوص خاک خشک را از ۱/۲۶ به ۱/۶۲ تن در مترمکعب افزایش داده است. در ضمن کاهش آب نفوذ کرده در شیارها بر روی تولید محصول ذرت تاثیری نداشت. با تحکیم ضربه ای شیار در خاکهای شنی با نفوذپذیری بالا، میزان نفوذ آب در اولین آبیاری به مقدار ۴۰ درصد کاهش مییابد. شخم مرسوم به عمق ۲۰ سانتیمتر اثر تحکیم شیار توسط چرخ تراکتور را از بین خواهد برد (Mosik. et al., 1981).

تعدادی از کشاورزان روشهای آبیاری تحت فشار را کنار گذاشته و به روش آبیاری شیار روی آورده اند. یکی از مشکلات و مسایل مهم در روش آبیاری شیار مرسوم، کاهش تولید محصول به علت توزیع غیر یکنواخت آب در طول شیار میباشد. آنان اظهار داشته‌اند که یکنواختی توزیع آب با اصلاح شیار و کاهش نفوذ پذیری افزایش یافته است (Kemper et al., 1982).

۳- مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی تاثیر غلتکها در راندمان آبیاری طرح آزمایشی در قالب بلوکهای کامل تصادفی و در چهار تکرار با شش نوع غلتک و با سه وزنه متفاوت، مجموعاً در ۱۸ تیمار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان میاندوآب به اجرا درآمد. اندازه غلتکها ۲۵×۱۲/۵، ۲۵×۱۵، ۴۰×۱۵/۵، ۴۰×۱۵، ۵۵×۱۲/۵ و ۵۵×۱۵ و وزنه‌ها ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم انتخاب گردید. انتخاب تیمار وزن بنحوی بود که استفاده از آنها بار زیادی را بر روی ردیفکار و اتصال سه نقطه تراکتور اعمال نکند. برای ساخت غلتکها، از ورق آهنی ۴ میلی‌متر اندازه‌های مورد نیاز بریده و بعد از نورد به صورت استوانه درآمدند. برای ساخت توپی از رولبرینگهای مخروطی استفاده شد. شاسی غلتکها طوری ساخته شده که قابلیت نصب راحت و سریع غلتکها را داشته باشد و همچنین به راحتی به شاسی فاروئر نصب گردد. تیمارهای وزنی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم برای مطالعه در روی هر یک از غلتکها و به صورت عمودی در بالای غلظها قرار گرفت. برای شکل‌دهی رویه خارجی غلتکها از نوارهای تیوپ‌های فرسوده استفاده شد. این نوارها با چسب آهن به رویه خارجی غلتکها چسبانده شدند تا به شکل هلال در آیند. از مزایای پوشش لاستیکی رویه خارجی

می‌توان به نرم بودن اشاره کرد که باعث می‌شود علاوه بر اینکه تراکم نسبتاً یکنواختی در جوی‌ها ایجاد شود، از وارد شدن ضربات و ارتعاشات بیشتر به سایر اجزا غلتک‌ها و تراکتور جلوگیری شود. پس از عملیات اولیه خاک‌ورزی، شیارهایی بطول ۱۲۰ متر ایجاد شد که ۱۰۰ متر آن جهت اندازه‌گیری پیشروی و پسروی آب در شیار به فواصل ده متری می‌خکوبی گردید. بافت خاک لوم سیلتی، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی بترتیب ۱۴٫۷ و ۲۶٫۶ درصد وزنی و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱٫۴۳ گرم بر سانتیمتر مکعب بود. در ابتدا و انتهای شیارها فوم WSC تیپ یک و دو به منظور اندازه‌گیری میزان آب ورودی به شیار و خروجی از آن، نصب گردید. میزان پیشروی و پسروی آب با استفاده از کرنومتر و میخکوبیهای به عمل آمده در طول شیار، ثبت گردید. زمان آبیاری هر شیار در حدود یک ساعت آبیاری در انتهای هر شیار در نظر گرفته شده و سرعت پیشروی، پسروی، حجم آب آبیاری، رواناب و نفوذ مورد توجه قرار گرفت. شیب طولی شیارها ۰/۴۸ درصد بوده و دبی اولیه در حدود ۰/۷ لیتر در ثانیه برای کلیه شیارها توسط یک دستگاه تانکر مجهز به کنتور آب و شیر کنترل تثبیت گردید. در هر آزمایش سه شیار انتخاب و شیار وسطی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای لازم انتخاب شد. در ضمن پس از رسیدن آب به انتهای شیار دبی به نصف کاهش یافت. در این آزمایش مدت زمان آبیاری بر اساس تامین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و تا عمق ۴۰ سانتیمتری بوده و با توجه به نفوذپذیری خاک (۱/۵ سانتیمتر در ساعت) فرصت مورد نیاز برای نفوذ در حدود ۱/۵ ساعت می‌باشد. با توجه به آزمایشات انجام یافته، زمان پسروی در شیار حدود نیم ساعت تعیین گردید. بنابراین، مدت زمان آبیاری کلیه تیمارها عبارت از نیم ساعت برای رسیدن آب به انتهای شیار و یک ساعت آبیاری خواهد بود.

۴- نتایج و بحث:

۴-۱- تاثیر قطر غلتک

تاثیر قطر غلتک در زمان پیشروی آب در شیار و افزایش راندمان معنی دار بود. در شیارهای غلتک خورده با قطر ۲۵،۴۰ و ۵۵ سانتیمتر زمان پیشروی بترتیب ۳۳/۵٪، ۴۶/۰٪ و ۵۰/۰٪ کاهش یافت. در ضمن شیار چرخ خورده وضعیت مطلوبتری نسبت به شیار معمولی داشته است. زمان پیشروی آب در این شیارها با حدود ۲۵ درصد کاهش می‌تواند در افزایش راندمان آب نقش بسزایی را داشته باشد (جدول ۱).

جدول ۱: تاثیر قطر غلتک در زمان پیشروی آب در شیار.

کاهش نسبی (نسبت به بدون غلتک)	زمان پیشروی (دقیقه)	قطر غلتک (سانتیمتر)
۳۳/۵٪	۲۹/۵۶ (a)	۲۵
۴۶٪	۲۴/۲۵ (b)	۴۰
۵۰٪	۲۲/۴۴ (c)	۵۵
۲۴/۹٪	۳۳/۷۲	شیار چرخ خورده
-	۴۴/۹	بدون غلتک

تاثیر قطر غلتک در راندمان آبیاری در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده و اقطار ۵۵ و ۴۰ در یک گروه واقع شده‌اند. با افزایش قطر غلتک از ۲۵ به ۵۵ و ۴۰ سانتیمتر، راندمان آبیاری از ۵۰/۵ به ۶۲/۲ و ۵۷/۴ درصد افزایش یافت. مقایسه شیارهای غلتک خورده با شاهد نیز نشان می‌دهد که با کاربرد غلتک در اقطار فوق بترتیب راندمان ۲۳/۱۱، ۸/۲ و ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دارد. این افزایش در شیار چرخ خورده ۷/۷ درصد بدست آمده است (جدول ۲).

جدول ۲: تاثیر قطر غلتک در راندمان آبیاری.

تغییرات نسبی به درصد (نسبت به تیمار بدون غلتک)	راندمان آبیاری (درصد)	قطر غلتک (سانتیمتر)
۱۱/۲	۵۰/۵ (a)	۲۵
۲۳/۸	۵۶/۲ (b)	۴۰
۲۶/۴	۵۷/۴ (b)	۵۵
۷/۷	۴۸/۹	شیار چرخ خورده
۰	۴۵/۴	بدون غلتک

۴-۲- تاثیر عرض غلتک

عرض غلتک تاثیر معنی‌دار در سرعت پیشروی و راندمان آبیاری نداشت.

۴-۳- تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک

تاثیر متقابل عرض و قطر غلتک در سرعت پیشروی آب در شیار و راندمان آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

حداقل زمان پیشروی از غلتک به قطر ۵۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و حداکثر سرعت پیشروی از غلتک به قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر بترتیب برابر ۲۱/۸ و ۳۰/۸ دقیقه، حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۳: تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک در زمان پیشروی آب در شیار به دقیقه.

عرض غلتک (سانتیمتر)			قطر غلتک (سانتیمتر)
۵۵	۴۰	۲۵	عرض غلتک (سانتیمتر)
۲۳/۰۱ (de)	۲۴/۸۴ (c)	۲۸/۳۲ (b)	۱۲/۵
۲۱/۸۷ (e)	۲۳/۶۷ (cd)	۳۰/۷۹ (a)	۱۵

حداقل راندمان آبیاری از غلتک با قطر ۴۰ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلتک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شده است (جدول ۴).

جدول ۴: تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک در راندمان آبیاری (درصد).

عرض غلتک (سانتیمتر)	قطر غلتک (سانتیمتر)		
	۲۵	۴۰	۵۵
۱۲/۵	۵۴/۱۷(bc)	۵۶/۶۲(ab)	
۱۵	۵۸/۳۲(a)	۴۹/۵۹(d)	۵۸/۱۵(a)

۴-۴- تاثیر وزنه غلتک

تاثیر وزنه در سرعت پیشروی آب در شیار در سطح ۱٪ معنی‌دار و تاثیر آن بر راندمان آبیاری معنی‌دار نبود. زمان پیشروی در وزنه‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی نسبت به شیار معمولی (غلتک نخورده) بترتیب ۴۰٪/۲، ۴۵٪/۰ و ۴۴٪/۹ کاهش داشت.

۴-۵- تاثیر متقابل قطر و وزن

تاثیر متقابل قطر غلتک و میزان وزنه تاثیر معنی‌دار در سطح ۵٪ بر روی سرعت پیشروی آب در داخل شیار داشت. بیشترین سرعت پیشروی مربوط به غلتک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی حاصل شده است (جدول ۵). در مقایسه با سرعت پیشروی در شیار بدون غلتک، تاثیر قطر و وزنه در کاهش زمان پیشروی حداقل ۲۸٪/۷ و حداکثر ۵۲٪/۱ بود.

جدول ۵: تاثیر متقابل قطر غلتک و وزنه در زمان پیشروی (دقیقه).

وزن (کیلوگرم)	قطر غلتک (سانتیمتر)		
	۲۵	۴۰	۵۵
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)

اثر متقابل قطر غلتک و میزان وزنه دارای تاثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بر روی راندمان آبیاری در شیار بود. بیشترین راندمان مربوط به غلتک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی (۵۸٪/۳۶) و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی (۴۸٪/۵۱) حاصل شده است (جدول ۶). در مقایسه با راندمان در شیار بدون غلتک، تاثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات حداقل ۶٪/۸ و حداکثر ۲۸٪/۵ بوده است.

جدول ۶: تاثیر متقابل قطر غلتک و وزنه در راندمان آبیاری (درصد).

قطر غلتک (سانتیمتر)	۲۵	۴۰	۵۵
وزن (کیلو گرم)			
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)

۴-۶- تاثیر متقابل عرض غلتک و وزنه

تاثیر عرض غلتک و وزنه‌ها بر روی سرعت پیشروی معنی‌دار بوده و بر راندمان آبیاری تاثیر معنی‌داری نداشته است.

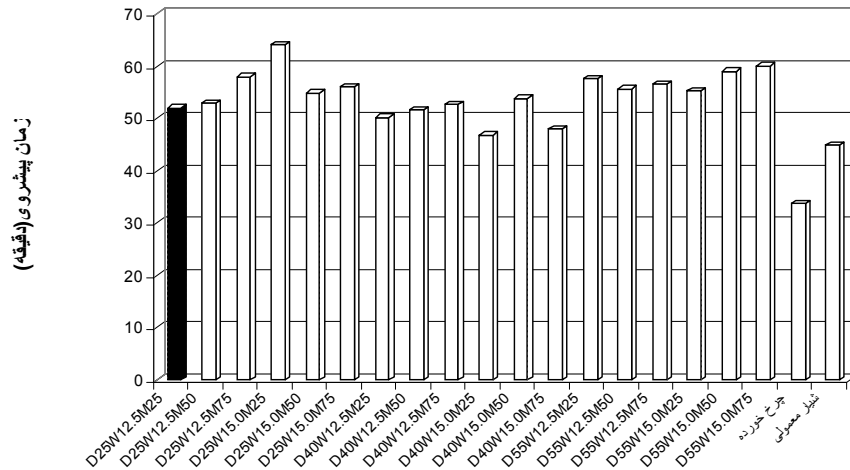
جدول ۷: تاثیر متقابل عرض غلتک و وزنه در زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی.

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

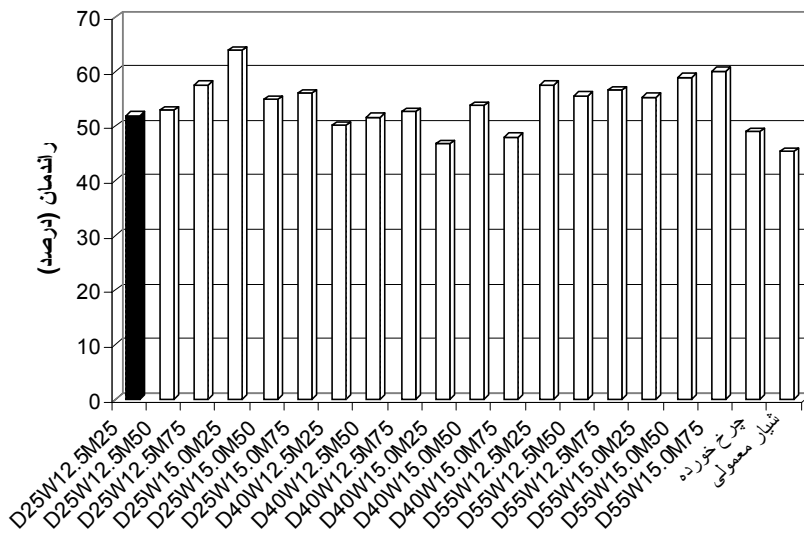
۴-۷- تاثیر متقابل عرض و قطر غلتک با وزنه

تاثیر عرض و قطر غلتک با وزنه‌های متفاوت در زمان پیشروی و راندمان آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداکثر سرعت پیشروی از غلتک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۷۵ کیلو گرم با زمان ۲۰ دقیقه و کمترین سرعت پیشروی از غلتک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرمی با زمان پیشروی ۳۴ دقیقه بدست آمده است. که در مقایسه با شیار معمولی، به ترتیب ۵۵/۴ و ۲۴/۲ درصد موجب کاهش زمان پیشروی گردیده‌اند. تاثیر قطر، عرض و وزنه در زمان پیشروی آب در شیار و مقایسه آن با شیار معمولی و چرخ خورده در شکل ۱ آورده شده است.

حداکثر راندمان آبیاری از غلتک با قطر ۴۰، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرم برابر ۶۴/۰٪ و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرمی برابر ۴۶/۹٪ بدست آمده است. که در مقایسه با شیار معمولی، به ترتیب ۴۰/۹ و ۳/۲ درصد موجب افزایش راندمان آبیاری گردیده‌اند. تاثیر قطر، عرض و وزنه در راندمان آبیاری و مقایسه آن با شیار معمولی و چرخ خورده در شکل ۲ آورده شده است.



شکل شماره ۱: مقایسه تاثیر تیمارهای مختلف بر روی زمان پیشروی آب در شیار



شکل شماره ۲: مقایسه تاثیر تیمارهای مختلف بر روی راندمان آبیاری

۵- بحث:

نتایج نشان داد که بطورکلی استفاده از غلتک‌های تثبیت شیار، پارامترهای آبیاری را بهبود می‌بخشد. بطور متوسط راندمان آبیاری و سرعت پیشروی آب در تیمارهای چرخ خورده و غلتک نخورده به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد و ۳۳/۷ و ۴۴/۹ بود. درمقایسه با تیمارهای فوق الذکر، تیمار D25W15M25 (غلتک با قطر

۲۵ و عرض ۱۵ سانتی متر و با وزن ۲۵ کیلو کرم) با توجه به اینکه میزان راندمان بهتری داشته و از نظر هزینه ساخت نسبت به سایر تیمارها دارای هزینه کمتری بوده است، به عنوان بهترین تیمار از نظر اقتصادی، مصرف انرژی و تاثیر بهینه بر روی پارامترهای آبیاری، پیشنهاد می‌شود.

۶- منابع

- ۱- کپنر، آر. ۱۳۷۱. اصول ماشینهای کشاورزی. شفیع، احمد. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- 2- Bondurant, James A. 1983. Predicting soil erosion under furrow irrigation by tractive force theory. ASAE Paper No.83-2089, ASAE.St Joseph, MI 49085.
- 3- Duke,H.R., D.E. Smika, and D.F.Heermann 1978. Groundwater contamination by fertilizer nitrogen. Journal Irrigation an Drainage Division ASCE, Vol. 104,No.1R3 September.
- 4- Khalid, M., and J.L.Smith. 1978. Control of furrow infiltration by compaction. Transaction of the ASAE 21 (4)654-657.
- 5- Musick, J.T.,D.A. Dusek, and D.Schneider. 1981. Deep tillage of irrigation pull man clay loam a long – term evaluation. Transaction of the ASAE.24 : 1515 –1519.
- 6- Fornstrom, K.J., J.A. Miehel, J.D. Jackson, and G.D. Jackson. 1985. Furrow firming for control of irrigation advance rates. Transaction of the ASAE. Vol 28,No.2.
- 7- Lyle , W.M. and E.T. Smerdon. 1965. Relation of compaction and other soil properties to erosion resistance of soils. Transaction of the ASAE.8 (3) 419-422.
- 8- Kemper, W.D., B.J. Ruffing, and J.A. Bondurant .1982. Furrow intake rate and water management. Transaction of the ASAE. 25: 333-339.

