

## بررسی یکنواختی توزیع آب برخی آبیاری‌های ضربه‌ای در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در شرایط مختلف جوی و هیدرولیکی

فروغ فرزانه کیا<sup>۱</sup>، عیسی معروف پور<sup>۲\*</sup>، بهاره رستمیان<sup>۳</sup>، نسیمه آذربو<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۹

### چکیده

بررسی عملکرد هیدرولیکی آبیاری‌ها در بهبود راندمان سیستم‌های آبیاری بارانی بسیار مؤثر می‌باشد. در این تحقیق به بررسی عوامل مؤثر بر میزان یکنواختی توزیع آب سه آبیاری ZK30، AMBO و ZM22 در شرایط مختلف هیدرولیکی و جوی تابستان و پاییز سال ۱۳۹۰ پرداخته شد. آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان مطابق با استانداردهای ISO 7749-3 و ISIRI 8995-3 به روش آبیاری منفرد انجام شد. اثر تیمارهای سرعت باد (۱/۸-۰-۱/۸ آرام، ۴/۵-۱/۸ متوسط)، فشار کارکرد آبیاری (۳، ۳/۵، ۴ و ۴/۵ بار) و آرایش مربعی، مستطیلی و مثلثی با فواصل آبیاری ۲۲، ۲۶ و ۳۰ متر برای دو آبیاری ZM22 و AMBO و ۱۸، ۲۱ و ۲۴ برای آبیاری ZK30 بر میزان یکنواختی توزیع آب بررسی شد. نتایج نشان دادند که اثر دو بازه‌ی سرعت باد آرام و متوسط بر میزان یکنواختی توزیع آب در هر سه آبیاری یکسان است. اثر فشار بر میزان یکنواختی در سطح احتمال ۱ درصد در دو آبیاری ZK30 و AMBO معنی‌دار شد و در آبیاری ZM22 فقط در باد متوسط اثر فشار بر یکنواختی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. در هر سه آبیاری مورد ارزیابی فشار ۴/۵ بار بیش‌ترین یکنواختی را داشت. اثر دو پارامتر فاصله آبیاری و آرایش بر میزان یکنواختی در هر سه آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. آرایش مثلثی برای هر سه آبیاری بالاترین ضریب یکنواختی را داشت.

**واژه‌های کلیدی:** سرعت باد، ضریب یکنواختی، عملکرد هیدرولیکی، فشار کارکرد آبیاری، فواصل و آرایش آبیاری‌ها

### مقدمه

عامل مؤثر بر توزیع اندازه قطرات آب است. با افزایش فشار کارکرد و یا کاهش اندازه نازل، ذرات آب کوچک‌تر و حساس‌تر به باد ایجاد می‌شوند. این قطرات کوچک، به راحتی توسط باد برده شده و در نتیجه باعث تغییر شکل الگوی توزیع آب و غیریکنواختی سیستم می‌شوند (Vories et al, 1987). پلاین و همکاران گزارش دادند کاهش ارتفاع آبیاری‌ها باعث افزایش ضریب یکنواختی می‌شود (Playan and Mateos, 2005) and تأثیر منفی باد بر یکنواختی توزیع به فاصله‌ی زیاد بین آبیاری‌ها بستگی دارد و باید این فاصله کاهش داده شود (Tarjuelo et al, 1999; Merriam and Keller, 1978; kara et al, 2008).

مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی و یکنواختی توزیع آب باد عنوان شده است (Solomon, 1979). Playan and Mateos, 2005; Dechmi et al, 2003) آسی میانگین یکنواختی توزیع آب را در فواصل ۱۲×۱۲ و ۱۸×۱۸ به ترتیب ۹۱ و ۸۷ درصد به دست آورد (Osei, 2009). سانچز گزارش داد که در سیستم آبیاری کلاسیک ثابت با آبیاری‌های VYR70، RC130 و VYR35 افزایش سرعت باد باعث کاهش یکنواختی توزیع آب می‌شود، در شرایطی که سرعت باد در حد متوسط و فشار در محدوده‌ی کم باشد (Sanchez, 2011). رابطه (۱) یکنواختی توزیع آب با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری رانشان می‌دهد.

برای بهره‌وری بیش‌تر از آب راهکارهای زیاد و شناخته شده‌ای در دنیا وجود دارد. یکی از این راهکارها که ضمن بالا بردن راندمان آبیاری و کاهش مصرف آب، افزایش کمی و کیفی تولید را سبب می‌شود، استفاده از آبیاری تحت فشار و بالادستی آبیاری بارانی می‌باشد (برنوس و همکاران، ۱۳۸۹، فیروزآبادی، ۱۳۸۷). افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل پارامترهایی که موجب کاهش آن می‌شوند، شناسایی و تا حد ممکن کنترل گردد (شیخ‌اسماعیلی، ۱۳۸۵). اکثر سیستم‌های آبیاری بارانی به یک مقدار حداقل یکنواختی توزیع آب نیاز دارند. هر اندازه میزان یکنواختی توزیع آب پایین باشد، بیانگر نقص در ترکیب عوامل طراحی از قبیل اندازه و تعداد نازل‌ها، فشار کارکرد، فواصل آبیاری‌ها و غیره می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۵).

ووریس و همکاران اعلام کردند فشار کارکرد آبیاری، اصلی‌ترین

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه کردستان

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه کردستان

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه کردستان

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه کردستان

(\*- نویسنده مسئول: Email: isamarofpoor@yahoo.com)

استاندارد 3ISIRI-8995 موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران انجام شد. این آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در روستای دوشان شهر سنندج به روش آبیاری منفرد در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. آب مورد نیاز از دو چاه وارد استخر ذخیره در نزدیکی ایستگاه پمپاژ می‌شد و از آنجا به کل مزرعه پمپاژ می‌گردید که آب مورد نیاز مدل آبیاری بارانی این تحقیق را نیز تأمین می‌کرد. آبیاری‌های ZM22 با دو نازل به قطرهای ۱۰ و ۳/۵ میلی‌متر، ZK30 با دو نازل به قطرهای ۸ و ۳/۵ میلی‌متر و آبیاری AMBO با دو نازل به قطرهای ۱۰ و ۷ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. آبیاری‌های ZM22 و ZK30 ساخت شرکت پروت آلمان و آبیاری AMBO ساخت شرکت سیم ایتالیا می‌باشد. آبیاری‌های مذکور در بیش‌تر استان‌های کشور از جمله استان کردستان فراوان استفاده می‌شود. با توجه به کاتالوگ‌های کارخانه‌های سازنده‌ی سه آبیاری، فشار، ۳، ۳/۵، ۴ و ۴/۵ بار برای انجام آزمایشات تعیین گردید. حداقل زمان آزمایش یک ساعت در نظر گرفته شد. بعد از آماده کردن زمین و پیاده کردن مدل، توسط متر و میخ چوبی محدوده‌ی آزمایش به مساحت ۶۰×۶۰ مترمربع شبکه‌بندی شد و ظروف جمع‌آوری آب چیده شدند. شبکه‌بندی مربعی ۳×۳ متری برای ظروف جمع‌آوری استفاده شد. آرایش و فواصل آبیاری‌ها دو عامل مؤثر بر یکنواختی توزیع هستند. در این تحقیق برای بررسی اثرات این دو تیمار با در نظر گرفتن کاتالوگ آبیاری‌ها و شرایط رایج کارگذاری آن‌ها، برای این تحقیق سه فاصله ۲، ۲۶ و ۳۰ متر برای دو آبیاری ZM22 و AMBO و سه فاصله ۱، ۲۱ و ۲۴ متر برای آبیاری ZK30 انتخاب گردید. ارتفاع پایه آبیاری ۱۶۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که برای عمود بودن و جلوگیری از حرکت آن از سه پایه استفاده شد. چون آزمایش‌ها در فضای باز در مزرعه انجام شد، عوامل اقلیمی مانند سرعت باد، دما و رطوبت نسبی غیرقابل کنترل بود. لذا در محل آزمایش خارج از دایره‌ی پاشش آبیاری، سرعت باد به وسیله یک دستگاه بادسنج دستی و دما و رطوبت نسبی به وسیله دستگاه TESTO 615 اندازه‌گیری شدند و با آمار اداره‌ی هواشناسی تطبیق داده شد تا در صورت نیاز اصلاح گردد. پارامتر سرعت باد طبق نشریه ۲۸۶ (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸۳) به این صورت دسته‌بندی شد: سرعت باد آرام ۴/۶-۰ کیلومتر بر ساعت (۱/۸-۰ متر بر ثانیه)، سرعت باد متوسط ۱۶-۶/۴ کیلومتر بر ساعت (۴/۵-۱/۸ متر بر ثانیه)، سرعت باد زیاد ۲۴-۱۶ کیلومتر بر ساعت (۶/۷-۴/۵ متر بر ثانیه) و سرعت باد خیلی زیاد ۳۲-۲۴ کیلومتر بر ساعت (۹-۶/۷ متر بر ثانیه)، اندازه‌گیری داده‌های اقلیمی هر ۱۵ دقیقه یک‌بار در حین آزمایش انجام شد.

از لوله‌ی رانش پمپ یک انشعاب برای لوله‌ی کنارگذر گرفته شد و بر روی آن شیر پروانه‌ای جهت تنظیم فشار قرار داده شد. در ابتدا و انتهای بال آبیاری منشعب شده از لوله‌ی کنار گذر فشارسنج برای

$$CUC = 83.4 - 1.274 V' + 0.019 p \quad (1)$$

(RMSE=1.98 ; adj =0.75)

بر اساس این رابطه، یکنواختی توزیع آب با افزایش سرعت باد ( $V'$ ) بر حسب متر بر ثانیه، کاهش و با افزایش فشار ( $p$ ) بر حسب کیلوپاسکال، افزایش می‌یابد.

هزار جریبی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که با استفاده از نرم‌افزار برنامه‌نویسی Matlab به روش الگوریتم ژنتیک، روابط مختلف جهت تخمین  $C_u$  برای آبیاری zb مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج  $R^2$  و RMSE و انحراف معیار نسبت مقادیر تخمین زده شده به اندازه‌گیری شده، معادله (۲) به عنوان مدل نهایی تخمین ضریب یکنواختی استخراج گردید.

$$C_u = 112.79 p^{0.1454} R_H^{0.0383} S_L^{-0.0973} S_m^{-0.138} \quad (2)$$

(RMSE=3.57 ;  $R^2 = 0.92$ )

بر اساس رابطه (۲) به‌طور کلی با کاهش فواصل آبیاری، افزایش فشار و افزایش ارتفاع پایه آبیاری میزان یکنواختی توزیع آب افزایش می‌یابد. با کاهش فواصل آبیاری‌ها به دلیل افزایش تعداد لوله‌ها و آبیاری‌های مورد نیاز طرح لازم است در این خصوص تحلیل اقتصادی صورت گیرد. در رابطه‌ی مذکور، فشار بر حسب اتمسفر،  $R_H$ : ارتفاع پایه آبیاری بر حسب سانتی‌متر،  $S_L$  و  $S_m$ : به ترتیب فاصله آبیاری‌ها روی لوله فرعی و فاصله لوله‌های فرعی از یکدیگر بر حسب متر.

باوی (۱۳۸۴) به این نتیجه دست یافت که، تا سرعت باد ۷ متر بر ثانیه رابطه ضریب یکنواختی و سرعت باد تقریباً خطی است ولی در سرعت باد بیش‌تر از ۷ متر بر ثانیه ضریب یکنواختی شدیداً کاهش می‌یابد و دیگر ارتباط خطی نخواهد بود. رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) گزارش کرد که در نتیجه افزایش سرعت باد یکنواختی توزیع آب کاهش می‌یابد و این کاهش با یک معادله درجه دوم مطابقت دارد. باد مهم‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی و کاهش شدید ضریب یکنواختی پیامد اصلی آن عنوان شده است (Playan et al, 2006, Zapata et al, 2007). افزایش فشار کارکرد، یکنواختی توزیع آب را در سرعت‌های باد کم بهبود می‌بخشد. هم‌چنین یکنواختی توزیع آب در سرعت‌های باد بیش‌تر از ۴ متر بر ثانیه به شدت کاهش می‌دهد (Yacoubi et al, 2012).

هدف از انجام این تحقیق بررسی ضریب یکنواختی توزیع آب برای سه آبیاری ZK30، AMBO و ZM22 در شرایط مختلف جوی و هیدرولیکی و آرایش و فواصل آبیاری‌های متفاوت می‌باشد. هم‌چنین تعیین شرایط بهینه از نظر فشار آب، فواصل آبیاری‌ها و آرایش با توجه به شرایط منطقه‌ی مورد مطالعه از اهداف دیگر تحقیق حاضر است.

## مواد و روش‌ها

آزمایشات این تحقیق بر اساس استانداردهای ISO 7749-1

این تحقیق در هر سه آبیاش مورد ارزیابی با افزایش سرعت باد ضریب یکنواختی کاهش پیدا کرد. شکل ۱ رابطه بین ضریب یکنواختی با سرعت باد در منطقه مورد مطالعه را برای آبیاش‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. برای دستیابی به یک رابطه منطقی بین ضریب یکنواختی و سرعت باد انواع نمودارها و معادلات مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید برای دو آبیاش ZK30 و ZM22 بیش‌ترین همبستگی با استفاده از معادله درجه دوم و برای آبیاش AMBO با رابطه خطی حاصل می‌گردد رابطه‌ی کلی یکنواختی توزیع آب هر سه آبیاش با سرعت باد با استفاده از معادله درجه دوم بیش‌ترین همبستگی را نشان داد. روابط به دست آمده به تفکیک آبیاش‌ها و رابطه مستخرج از نتایج هر سه آبیاش در زیر ارائه شده است.

$$CU = 0.764W^2 - 7.968W + 82.88 (R^2 = 0.775) \quad (ZK30) \quad (۴)$$

$$CU = -3.38W + 72.28 (R^2 = 0.702) \quad (AMBO) \quad (۵)$$

$$CU = 0.5366W^2 - 7.7106W + 74.311 \quad (ZM22) \quad (۶)$$

(۷) معادله مستخرج برای هر سه آبیاش:

$$CU = 0.15W^2 - 5.206W + 75.34 (R^2 = 0.53)$$

در روابط (۴، ۵، ۶، ۷)، CU، ضریب یکنواختی (%) و W، سرعت باد (متر بر ثانیه) می‌باشد.

نتایج تحقیق در مورد سرعت باد بر روی دو آبیاش ZM22 و ZK30 هم‌چنین ارتباط ضریب یکنواختی هر سه آبیاش با سرعت باد با نتایج تحقیق رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) و در مورد آبیاش AMBO با نتایج تحقیق باوی (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

### اثر فشار کارکرد آبیاش‌ها بر یکنواختی توزیع

اثر فشار کارکرد آبیاش در دو آبیاش ZK30 و AMBO در هر دو سرعت باد آرام و متوسط در سطح احتمال ۱ درصد و در آبیاش ZM22 فقط در سرعت باد متوسط در سطح احتمال ۵٪ بر میزان یکنواختی معنی‌دار است. در آبیاش ZK30، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر ضریب یکنواختی فشارهای ۳/۵ و ۴/۵ بار در باد آرام و در باد متوسط بین فشارهای ۳/۵، ۴ و ۴/۵ بار وجود ندارد (شکل ۲). در آبیاش AMBO در شرایط باد آرام، فشار ۴/۵ بار بیش‌ترین یکنواختی و در شرایط باد متوسط اختلاف معنی‌داری بین ضرایب یکنواختی فشارهای ۳/۵ و ۴/۵ بار وجود نداشت (شکل ۳). آبیاش ZM22 در فشار ۴/۵ بار بیش‌ترین یکنواختی را دارا بود و اختلاف معنی‌داری با فشار ۳ بار نداشت (شکل ۴).

مطالعاتی توسط هارت (۱۹۹۵) برای نشان دادن اثر فشار، سرعت باد، فاصله آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب انجام شد. نتایج نشان داده است که وقتی فشار از ۲۰ پوند بر اینچ مربع (۱۳/۶ متر) به ۶۰ پوند بر اینچ مربع (۴۰/۸ متر) افزایش یافته، ضریب یکنواختی نیز افزایش یافته است (Hart, 1995).

کنترل فشار قرار داده شد. فشار در نقطه‌ای از پایه آبیاش که حداقل به اندازه ۱۰ برابر قطر لوله از نقطه‌ای که در آن تغییر جهت یا تغییر مقطع در پایه آبیاش وجود داشته باشد، اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق از ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (۱۹۴۲) که از سوی محققان زیادی پیشنهاد شده استفاده گردید.

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}}\right) \times 100 \quad (۳)$$

CU: ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، درصد

$x_i$ : عمق یا حجم آب اندازه‌گیری شده در هر ظرف، میلی‌متر یا

میلی‌لیتر

$\bar{x}$ : متوسط عمق یا حجم آب اندازه‌گیری شده در ظرف‌ها،

میلی‌متر یا میلی‌لیتر

n: تعداد کل ظرف‌های اندازه‌گیری شده در آبیاش

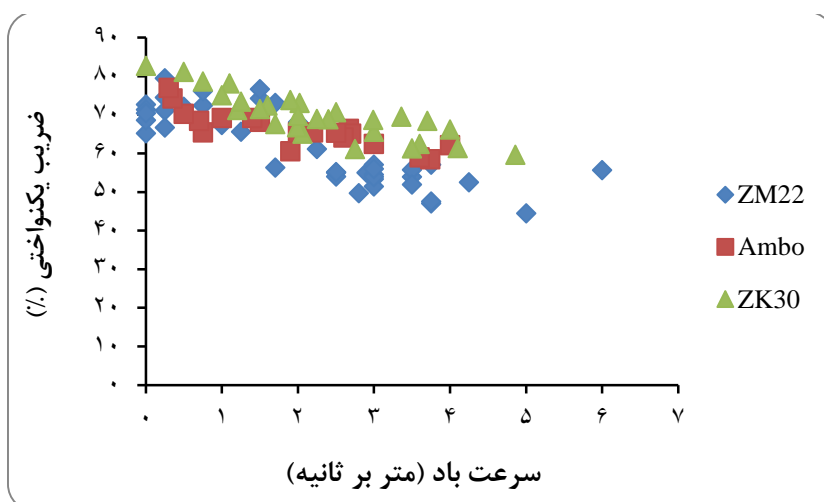
این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل انجام گرفت. تعداد تکرارها بسته به داده‌های حاصله ۳ یا ۴ تکرار در نظر گرفته شد. تیمارهای مورد بررسی در ارزیابی ضریب یکنواختی توزیع آب شامل سرعت باد، فشار آبیاش، آرایش و فواصل آبیاش‌ها بودند. داده‌ها در نرم افزار Excel 2007 دسته‌بندی و از طریق شبیه‌سازی فواصل آبیاش‌ها میزان یکنواختی محاسبه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار MSTAT.C انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر تیمارها بر ضریب یکنواختی در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد مقایسه میانگین توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در نرم افزار MSTAT.C صورت گرفت.

### نتایج و بحث

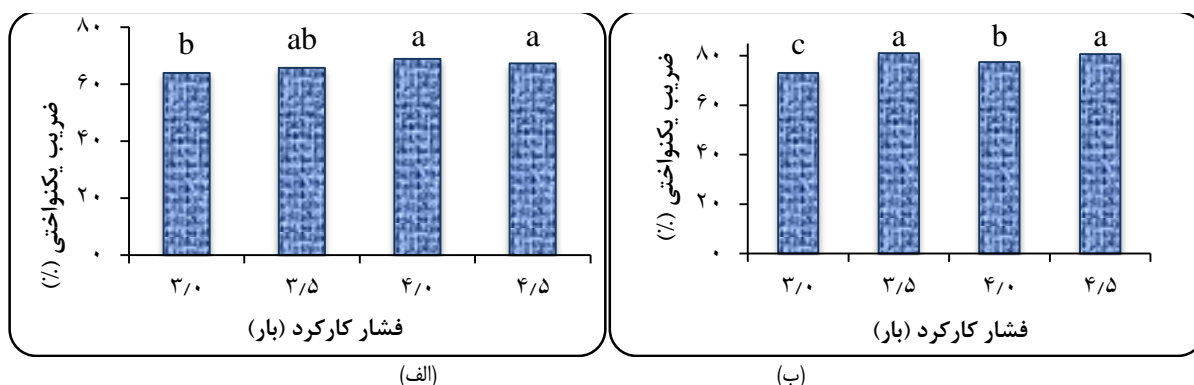
در این تحقیق با استفاده از اطلاعات حاصل از آزمایش‌های صحرایی ضریب یکنواختی برای کلیه تیمارها با ایجاد هم‌پوشانی از طریق شبیه‌سازی الگوی توزیع آبیاش و از طریق رابطه کریستیان‌سن محاسبه شد. در ادامه اثر عوامل مختلف بر میزان یکنواختی توزیع بحث شده است.

### اثر عامل سرعت باد بر ضریب یکنواختی توزیع آب

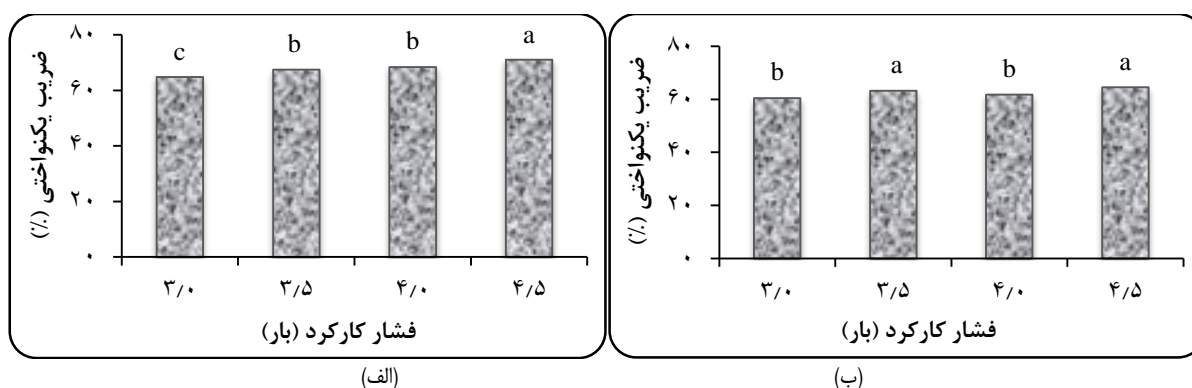
با توجه به آن که سرعت باد منطقه مورد آزمایش، در دو بازه‌ی سرعت باد، باد آرام (۱/۸-۰ متر بر ثانیه) و باد متوسط (۴/۵-۱/۸ متر بر ثانیه) بود، با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و با استفاده از آزمون T-test مقایسه‌ای بین یکنواختی پخش آب در این دو بازه‌ی سرعت باد انجام گرفت. نتایج نشان داد که در سطح احتمال ۵ درصد، در هر سه آبیاش اختلاف معنی‌داری بین یکنواختی پخش آب در این دو بازه‌ی سرعت باد وجود ندارد و این بدان معنی است که اثر این دو بازه‌ی سرعت باد بر روی ضریب یکنواختی یکسان است. در



شکل ۱- اثر سرعت باد روی ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاش های مورد مطالعه



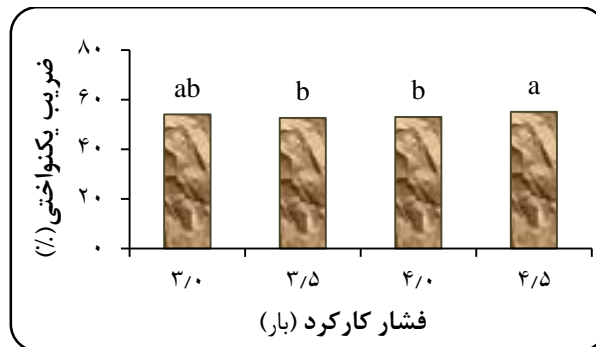
شکل ۲- مقایسه اثر فشار بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZK30)، در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)



شکل ۳- مقایسه اثر فشار بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش AMBO)، در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)

مناسب‌تر از بقیه فشارها است و فشار کم‌تر از ۴ بار توصیه نمی‌شود. نتایج این تحقیق با نظرات هارت (Hart, 1995) و رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) مطابقت دارد.

رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) به بررسی اثر فشار آب بر ضریب یکنواختی توزیع آب آبیاش  $ADF_{25^\circ}$  با استفاده از مقایسه میانگین‌ها پرداخت و گزارش کرد، اختلاف بین فشار ۴/۵ بار با بقیه فشارها معنی‌دار است ولی بین ۴/۵ و ۵ بار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. فشار ۴/۵ بار



شکل ۴- مقایسه اثر فشار بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZM22)، در سرعت باد متوسط

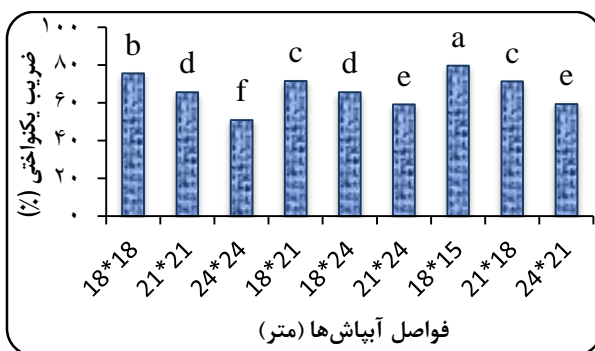
(میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در شکل‌های ۲ و ۳ در سطح ۱ درصد و در شکل ۴ در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.)

یکنواختی را دارا بودند (شکل ۶). برای آبیاش ZM22 در باد آرام فواصل ۲۲×۲۲ و ۲۲×۱۹ دارای بیش‌ترین یکنواختی بودند و اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، فاصله آبیاش ۳۰×۳۰ هم کم‌ترین میزان ضریب یکنواختی را داشت. در باد متوسط فاصله ۲۲×۱۹ بیش‌ترین یکنواختی توزیع و فاصله ۳۰×۳۰ کم‌ترین ضریب یکنواختی را دارا بودند (شکل ۷).

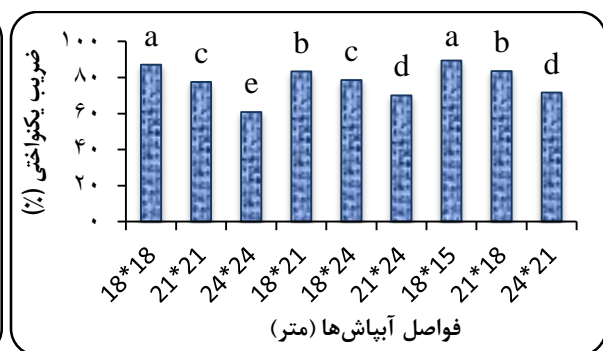
رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) به بررسی اثرات فواصل بر ضریب یکنواختی با استفاده از آنالیز واریانس پرداخت و نتیجه گرفت، فاصله آبیاش‌ها در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر یکنواختی توزیع آب دارد. ساهو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از فواصل بزرگ بین آبیاش‌ها ضریب یکنواختی را به شدت کاهش می‌دهد. نتایج این پژوهش با تحقیقات رحمت‌آبادی (۱۳۸۹) و نظرات ساهو و همکاران (Sahoo et al, 2008) تطابق دارد (۲۰۰۸).

### ج- اثر فواصل آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع

نتایج آنالیز آماری نشان داد که در هر سه آبیاش ZK30، AMBO و ZM22 اثر فواصل آبیاش‌ها در هر دو سرعت باد آرام و متوسط در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان یکنواختی معنی‌دار است. با توجه اشکال ۵، ۶ و ۷ با افزایش فواصل آبیاش‌ها کاهش میزان یکنواختی ملاحظه می‌شود. در مورد آبیاش ZK30 فواصل ۱۸×۱۸ و ۱۸×۱۵ بیش‌ترین یکنواختی توزیع و فاصله ۲۴×۲۴ کم‌ترین میزان یکنواختی را در سرعت باد آرام دارا می‌باشند. در باد متوسط برای آبیاش مذکور بیش‌ترین و کم‌ترین میزان یکنواختی مربوط به دو فاصله ۱۸×۱۵ و ۲۴×۲۴ متر می‌باشد (شکل ۵). در آبیاش AMBO در باد آرام فواصل ۲۲×۲۲، ۲۶×۲۲، ۳۰×۲۲، ۲۲×۱۹ و ۲۶×۲۲ بیش‌ترین یکنواختی و فاصله آبیاش ۳۰×۳۰ کم‌ترین یکنواختی را داشتند. در باد متوسط فواصل ۲۲×۱۹، ۲۲×۲۶، ۲۲×۲۲ و ۲۲×۲۲ اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند و بیش‌ترین یکنواختی توزیع و فاصله ۳۰×۳۰ کم‌ترین ضریب

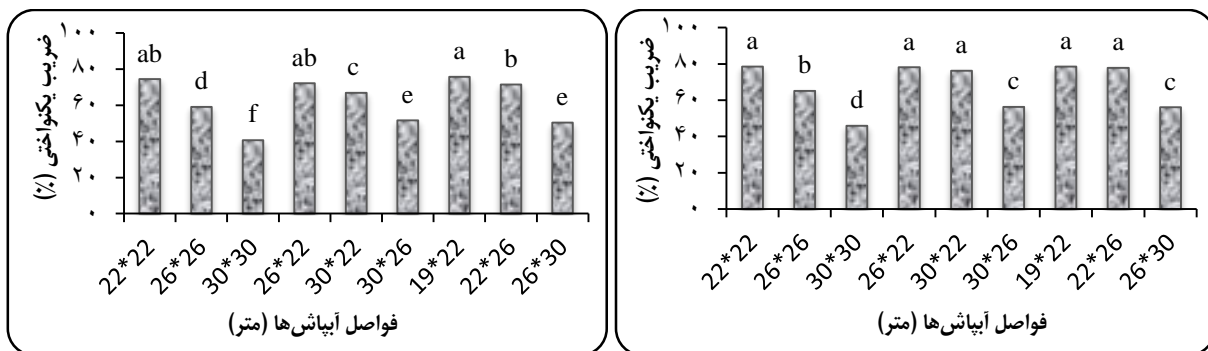


(الف)

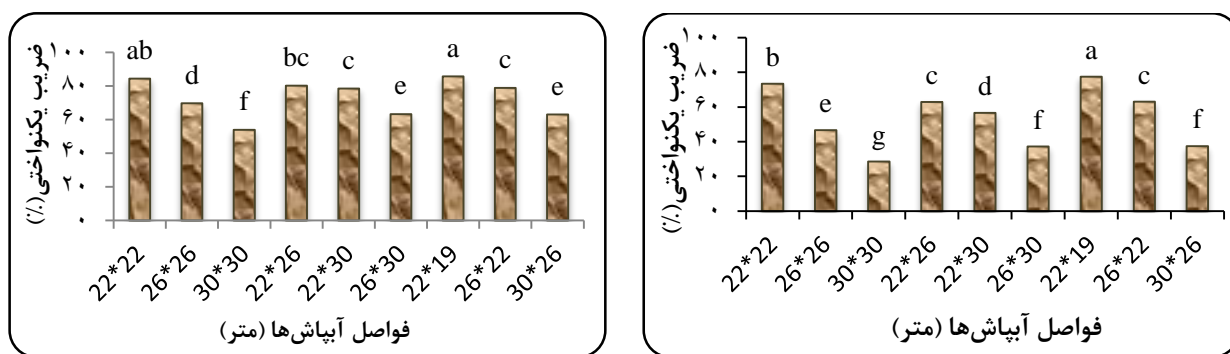


(ب)

شکل ۵- مقایسه اثر فاصله بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZK30) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)



شکل ۶ - مقایسه اثر فاصله بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش AMBO) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)

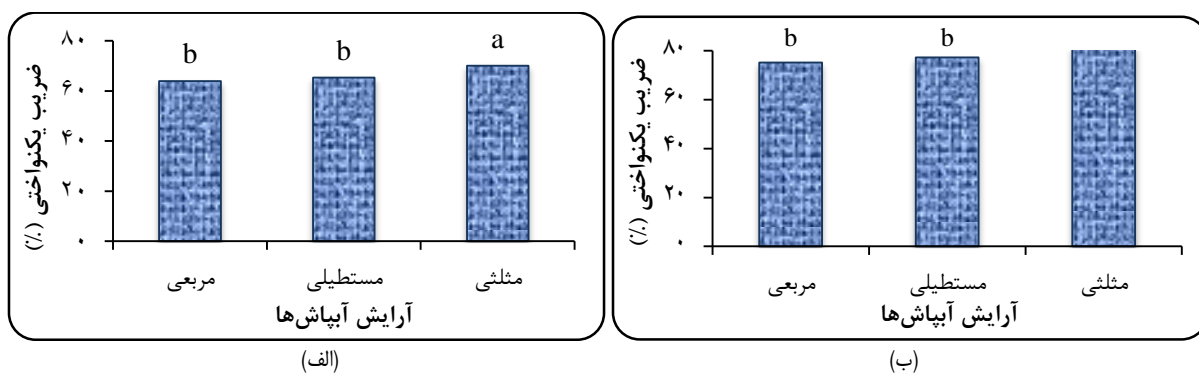


شکل ۷ - مقایسه اثر فاصله بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZM22) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)  
(در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ میانگین‌ها با حروف مشابه در هر سه شکل مذکور بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند)

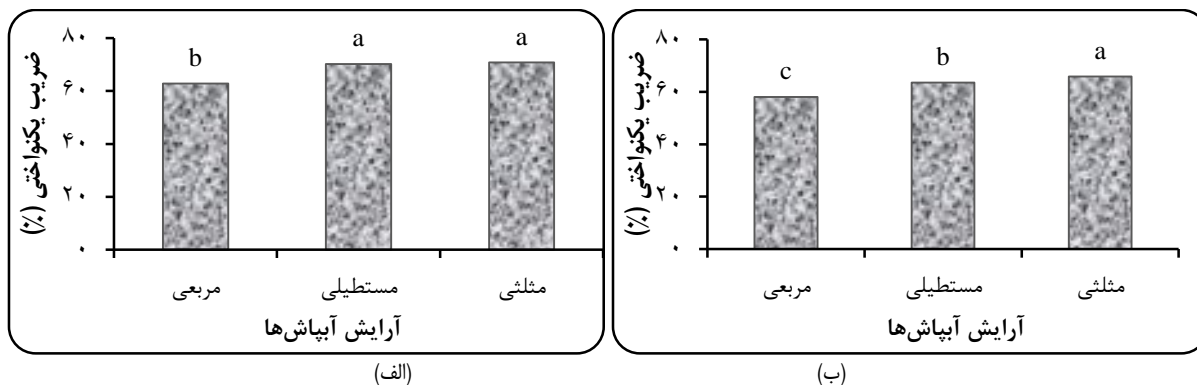
ضریب یکنواختی به این نتیجه رسید که آرایش مربعی دارای بالاترین ضریب یکنواختی توزیع آب و آرایش مستطیلی دارای پایین‌ترین مقدار ضریب یکنواختی می‌باشد. هم‌چنین توصیه نمود حتی‌المقدور از آرایش‌هایی که فاصله آبیاش‌ها روی لوله‌های فرعی و فاصله لوله‌های فرعی روی لوله اصلی برابر است (مربعی و مثلث متساوی‌الاضلاع) استفاده شود. نتایج این تحقیق با نظرات باوی (۱۳۸۴) مطابقت ندارد.

#### د- اثر آرایش آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع

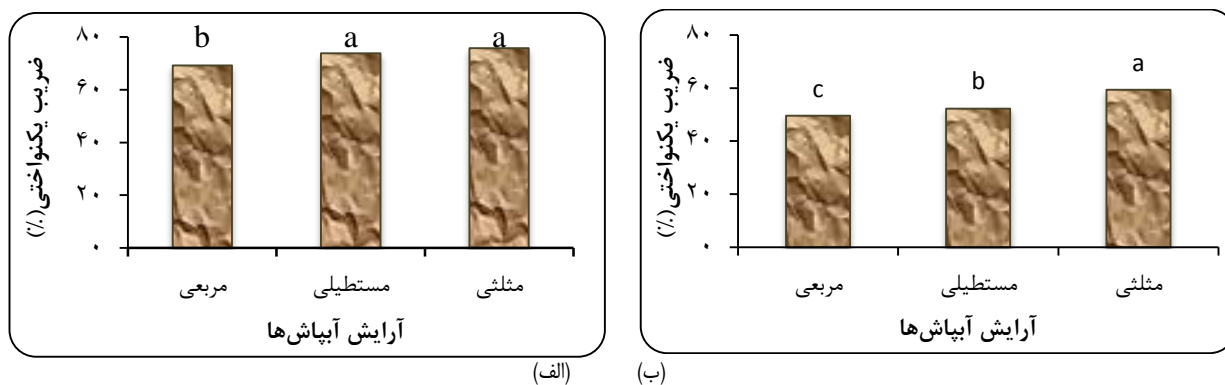
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر سه آبیاش مورد آزمایش اثر آرایش آبیاش‌ها در هر دو بازه‌ی سرعت باد آرام و متوسط در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان یکنواختی معنی‌دار است. با توجه به اشکال ۸، ۹ و ۱۰ در هر سه آبیاش مورد ارزیابی آرایش مثلثی بیش‌ترین میزان یکنواختی و آرایش مربعی کم‌ترین یکنواختی توزیع را دارا می‌باشند. باوی (۱۳۸۴) در تحقیقات خود در مورد اثر آرایش بر



شکل ۸ - مقایسه اثر آرایش بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZK30) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)



شکل ۹ - مقایسه اثر آرایش بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش AMBO) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب)



شکل ۱۰ - مقایسه اثر آرایش بر یکنواختی توزیع آب (آبیاش ZM22) در سرعت باد آرام (الف) و در سرعت باد متوسط (ب) (در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند)

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر دو بازه‌ی سرعت باد آرام و متوسط بر ضریب یکنواختی در هر سه آبیاش مورد آزمایش یکسان بود. بیش‌ترین یکنواختی توزیع آب در هر سه آبیاش مربوط به فشار ۴/۵ بار بود. اثر این دو بازه‌ی سرعت باد بر عوامل مؤثر بر ضریب یکنواختی سبب شد که آرایش و فواصل آبیاش‌ها در مورد هر سه آبیاش در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار باشند. به‌طور کلی آرایش مثلثی بیش‌ترین یکنواختی توزیع را در مورد هر سه آبیاش داشت، اما به دلیل دشواری اجرا و مشکلات بهره‌برداری با توجه به شرایط جوی منطقه از آرایش مربعی و مستطیلی استفاده می‌گردد. به‌طور کلی با افزایش سرعت باد در همه‌ی فواصل آبیاش‌ها یکنواختی توزیع آب کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش فواصل آبیاش‌ها در تمامی فشارها و سرعت‌های باد ضریب یکنواختی کاهش پیدا کرد. کاهش ضریب یکنواختی در اثر تغییر فاصله آبیاش‌ها از کاهش یکنواختی توزیع آب در اثر تغییر آرایش آبیاش‌ها مشهودتر است.

## منابع

باوی، ع. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر باد و درجه حرارت بر یکنواختی توزیع و

تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش ژاله ۳ در منطقه امیدیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات اهواز.

برنوس، س.، برومندنسب، س. ایزدپناه، ز. ۱۳۸۹. بررسی ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک (مطالعه موردی شوش). سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب. ۱۰ الی ۱۲ اسفند ۱۳۸۹.

رحمت‌آبادی، و. ۱۳۸۹. بررسی تلفات تبخیر و باد و ضریب یکنواختی توزیع آبیاش  $ADF 25^\circ$  در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی). ۱۳۸۳. ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی). نشریه ۲۸۶. ناشر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

- Merriam, J.L. and Keller, J. 1978. Farm irrigation system evaluation. A guide for management. Utah State University, USA.
- OSEI, F.K.B. 2009. Evaluation of sprinkler irrigation system for improved maize seed production for farmers in Ghana. A Thesis for M.sc. March: <http://dspace.knust.edu.gh/dspace/bitstream/123456789/1939/1/fulltxt.pdf>.
- Playan, E. and Mateos, L. 2005. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural water management*, 80(1-3): 100-116.
- Playan, E., Zapata, N., Fasi, J.M., Tolosa, D., Lacueva, J.L., Pelegrin, J., Salvador, R., Sanchez, I., Lafita, A. 2006. Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model. *Agricultural Water Management* 84 (1-2), 89-100.
- Sahoo, N., Pradhan, P.L., Anumala, N.K. and Ghosal, M.K. 2008. Uniform water distribution from low pressure rotating sprinkler. *The CIGR Ejournal*, Manuscript. LW 08014. Vol. X. 2008, P. 10.
- Sanchez, I., Fasi, J.M., Zapata, N. 2011. The effects of pressure, nozzle diameter and meteorological condition on the performance of agricultural impact sprinklers. *Agricultural Water Management* 102 (2011) 13-24.
- Solomon, K. 1979. Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. *Transactions of ASAE*, 22(5): 1078-1086.
- Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J. and Ortega, J.F. 1999. Modeling evaporations and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid condition. *Agric Water Management*, pp 263-284.
- Vories, E.D., Von Bernuth, R.D. and Mickelson, R.H. 1987. Simulating sprinkler performance in wind. *J. of Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 113 (1): 119-130.
- Yacoubi, S., Zayani, K., Slatni, A. and Playan, E. 2012. Assessing Sprinkler Irrigation Performance Using Field Evaluations at the Medjerda Lower Valley of Tunisia. *Engineering*, No. 4, 2012, pp. 682-691.
- Zapata, N., Playan, E., Martinez-Cob, A., Sanchez, I., Fasi, J. and Lecina, S. 2006. Farm on-farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. *Agricultural water management*, 87(2): 187-199.
- شیخ اسماعیلی، ا. ۱۳۸۵. بررسی اثرات باد و فشار آب بر یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد سیزدهم، شماره پنجم: ۹-۱.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد دوم، طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات دانشگاه امام رضا.
- فیروزآبادی، ع. ۱۳۸۷. مقایسه اثرات تغییر روش آبیاری شیاری به قطره‌ای بر میزان کارایی مصرف آب و عملکرد محصول در زراعت‌های ردیفی. *مجله آبیاری و زهکشی*، سال دوم، شماره دوم.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ماشین‌های کشاورزی - تجهیزات آبیاری - آبپاش‌ها - قسمت سوم: مشخصه‌های توزیع و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران (ISIRI) ۳-۸۹۹۵ چاپ اول.
- هزارجریبی، ا.، دهقانی، ا.، موسوی، ح.، شریفان، ح. ۱۳۸۹. تخمین یکنواختی توزیع در آبیاری بارانی با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، جلد هجدهم، شماره چهارم.
- Dechmi, F., Playan, E., Fasi, M., Tejero, M. and Bercero, A. 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. *Agricultural water management*, 61(1): 93-109.
- ISO-7749/1. 1986. Part 1. Uniformity of distribution and test methods. *Agricultural irrigation equipment-Rotating sprinklers*.
- ISO-7749/2. 1990. Part 2. Uniformity of distribution and test methods. *Agricultural irrigation equipment-Rotating sprinklers*.
- Hart, W.E. 1995. Data on distribution and water losses of small sprinkler in winds of 0- 20 miles per hour. Tech. Report project: FE 7-4 No. 663.5 Experiment station H.S.P. A Filed Engineering Department.
- Kara, T., Ekmekei, E. and Apan, M. 2008. Determination the uniformity coefficient and water distribution characteristics of some sprinklers. *Pakistan journal of biological sciences*, 11(2): 214-219.
- Keller, J. 1983. SCS national engineering handbook section 15. Irrigation, Sprinkler Irrigation.



## Investigation of Water Distribution Uniformity of Some Impact Sprinklers in the Fixed Head Sprinkle Irrigation System in Different Hydraulic Conditions and Atmospheric

F. Farzankia<sup>۱</sup>, E. Maroufpoor<sup>۲\*</sup>, B. Rostamyan<sup>۳</sup>, N. Azarboo<sup>۴</sup>

Received: Apr. 6, 2014

Accepted: Sep. 10, 2014

### Abstract

Investigation of sprinklers Hydraulic performance is very effective for improving of sprinkle irrigation systems efficiency. In this study investigation of effective factors for water distribution uniformity of three sprinklers of ZM22, ZK30 and AMBO were studied in different hydraulic and atmospheric conditions in summer and autumn of 1390. Experiments of this study in the research field of University of Kurdistan were performed using a single sprinkler method according with ISO 7749-1 and ISIRI 8995-3 standards. Effect of parameters of wind velocity (0-1.8 calm, 1.8-4.5 middle m/s), sprinkler operating pressure (3, 3.5, 4 and 4.5 bar) and layouts of square, rectangular and triangular with sprinkler space, 22, 26 and 30 meter for ZM22 and AMBO sprinklers and 18, 21 and 24 for ZK30 sprinkler was investigated on water distribution uniformity. The results showed that the two rang of calm and middle wind velocity effect was the same on the water distribution uniformity in all three sprinklers. The effect of pressure for water distribution uniformity was significant on 1% level for ZK30 and AMBO sprinklers and the effect of pressure for ZM22 sprinkler just in the middle wind velocity was significant on 5% level. The pressure in 4.5 bar had the highest of uniformity coefficient. The effect of two parameters of sprinklers space and layout were significant on 1% level in all three sprinklers. The triangular layout had maximum uniformity coefficient for each sprinkler.

**Key words:** sprinkler operating pressure, sprinklers space and layout, uniformity coefficient, wind velocity, Hydraulic performance

۱- Graduated of M.Sc, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan

۲- Associate, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan

3- Graduated of M.Sc, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan

4- Graduated of M.Sc, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan

(\* - Corresponding Author: Email: [isamarofpoor@yahoo.com](mailto:isamarofpoor@yahoo.com))