

بررسی ضریب یکنواختی توزیع آب برای دو آبپاش مورد استفاده در طرح‌های آبیاری بارانی تحت شرایط مختلف هیدرولیکی و جوی

وحید رحمت‌آبادی^{*}، مجید بهزاد، سعید برومند نسب و حسین سخایی‌راد^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۵)

چکیده

در آبیاری بارانی افزایش یکنواختی توزیع آب در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل و پارامترهایی که موجب کاهش آن می‌شوند مانند سرعت باد، فاصله، آرایش و نوع آبپاش‌ها، شناسایی و تا حد ممکن کنترل شوند. در این تحقیق به منظور بررسی اثر سرعت باد، فشار، فواصل و آرایش آبپاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب آزمایش‌هایی براساس استاندارد (۱۹۹۰) ISO ۷۷۴۹/۲ برای دو آبپاش ADF۲۵E با سه نازل و Nelson مدل FA۰APV با یک نازل که به ترتیب نمونه داخلی و خارجی هستند انجام شد. آزمایش‌ها به صورت آبپاش منفرد در محدوده فشارهای توصیه شده توسط کارخانه‌های سازنده آبپاش‌ها، در سرعت‌های باد موجود برای سه فاصله آبپاش روی لوله فرعی (۲۶،۲۲ و ۳۰ متر) انجام گردید. با توجه به نتایج به دست آمده آبپاش Nelson نسبت به تغییرات سرعت باد و فشارهای در نظر گرفته شده نوسانات کمتری از لحاظ ضریب یکنواختی نسبت به آبپاش ADF داشت. برای آبپاش ADF فشار ۴/۵ بار مناسب‌تر بود. فشارهای در نظر گرفته شده برای آبپاش Nelson تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج به دست آمده نشان داد که با کاهش نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش در فاصله‌های در نظر گرفته شده ضریب یکنواختی افزایش می‌یابد. برای آبپاش‌های مورد مطالعه در آرایش‌های مربعی و مستطیلی نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش در حدود ۰/۴ تا ۰/۵ پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرایش آبپاش‌ها، سرعت باد، ضریب یکنواختی، فشار

۱. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: vahid9632@yahoo.com

مقدمه

بخش عمده آب در دسترس انسان در نقاط مختلف جهان در بخش کشاورزی و به منظور تولید غذای مورد نیاز به مصرف می‌رسد. از این رو، آب مصرفی بخش کشاورزی جایگاه ویژه‌ای در تخصیص کل منابع آب در هر منطقه یا کشور را دارا می‌باشد. صنعتی شدن کشاورزی در اکثر کشورهای جهان و روبرو شدن با مسئله کم آبی باعث شده است که بر مصرف آب کنترل بیشتری اعمال گردد. یعنی بتوان آب را به هر مقدار چه کم و چه زیاد و در هر زمان که مورد نظر زارع باشد، مورد استفاده قرار داد. انجام این کنترل‌ها در آبیاری‌های سطحی بسیار مشکل می‌باشد ولی در آبیاری تحت فشار (بارانی) که آب در یک سیستم مسدود مانند لوله انتقال و مصرف می‌شود این عمل با سهولت بیشتری انجام می‌گردد. آبیاری بارانی به روشی اطلاق می‌شود که در آن آب تحت فشار وارد شبکه‌ای از لوله‌های اصلی و فرعی شده و سپس از طریق آبپاش‌ها به صورت تقریباً یکنواخت روی محصولات به صورت قطرات باران پاشیده می‌شود. با توجه به نظر زارعین بسیاری از آنها از پایین بودن کیفیت تجهیزات، عدم وجود وسایل یدکی برای تعمیرات و راهبری، و یا مسائلی مانند عدم یکنواختی پخش آب گله‌مند هستند (۲). همچنین طرح‌هایی وجود دارد که سیستم پیاده شده منطبق با شرایط اقلیمی یا وضعیت فیزیکی و شیمیایی آب و خاک نمی‌باشد مسلماً چنین سیستم‌هایی از موفقیت برخوردار نخواهند بود (۲). این سیستم‌ها می‌بایست در توازن با نفوذپذیری خاک به گونه‌ای طراحی شوند که در سطح مزرعه رواناب ایجاد نگردد. ضمن آن که تلفات نفوذ عمقی زمانی به حداقل می‌رسد که آب به طور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع شود. افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل و پارامترهایی که موجب کاهش آن می‌شوند شناسایی و تا حد ممکن کنترل شوند (۳). کلر به این نتیجه رسید که مهم‌ترین عامل اقلیمی مؤثر بر توزیع یکنواخت آب از آبپاش‌ها، باد است باد را دشمن آبیاری بارانی می‌دانند زیرا از یک طرف باعث کاهش یکنواختی توزیع آب یا افزایش

تلفات نفوذ عمقی می‌گردد و از طرف دیگر، مهم‌ترین عاملی است که بر میزان تلفات تبخیر تأثیر می‌گذارد (۱۳). چادری نشان داد حداقل یکنواختی قابل قبول می‌تواند از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد به همین دلیل ممکن است سیستم‌هایی با یکنواختی یکسان تحت شرایط متفاوت اقتصادی قابلیت کاربرد متفاوتی داشته باشند (۵).

تارجوئلو نتیجه گرفت آرایش مربعی آبپاش‌ها یکنواختی بیشتری نسبت به آرایش مستطیلی دارد (۱۶). باوی و همکاران به این نتیجه رسیدند که با افزایش سرعت باد تا ۷ متر در ثانیه کاهش ضریب یکنواختی در مقابل سرعت باد زیاد نیست ولی در سرعت‌های بیشتر از ۷ متر بر ثانیه ضریب یکنواختی شدیداً کاهش می‌یابد همچنین توصیه می‌شود با افزایش سرعت باد نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش کاهش یابد و از آرایش مربعی استفاده گردد (۱). پیر عوامل مؤثر بر یکنواختی توزیع آب را به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

- عوامل مربوط به آبپاش‌ها نظیر اندازه نازل، فشار در نازل و نوع نازل

- عوامل مربوط به سیستم نظیر فواصل بین آبپاش‌ها، ارتفاع و پایداری رایزر و تغییرات فشار.

- عوامل مربوط به اقلیم نظیر شدت و جهت باد

- عوامل مربوط به مدیریت شامل مدت آبیاری، مستقیم بودن لوله‌های جانبی، عمود بودن رایزرها (۱۴).

برای بیان یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی از معیارهای متعددی از جمله ضریب یکنواختی کریستیانسن (۶)، ضریب یکنواختی بیل (۴)، ضریب پیشنهادی هارت و رینولدز (۹)، ضریب پیشنهادی کارملی (۱۲) و غیره استفاده می‌شود. همه این معادلات بر توزیع آب در اطراف آبپاش استوار است (۸). و باد مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر ضریب یکنواختی آبیاری بارانی می‌باشد (۱۵ و ۱۷). دابوس با استفاده از روش‌های آماری نشان داد که ضریب یکنواختی کریستیانسن در مقایسه با سایر روش‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار است (۷). هیرمان به این نتیجه رسید که شرکت‌های سازنده آبپاش‌ها معمولاً از

جدول ۱. ضریب یکنواختی آبپاش ADF در شرایط مختلف باد، فشار آب، آرایش و فواصل آبپاش‌ها

آرایش و فواصل آبپاش‌ها (m)						فشار آب (bar)	متوسط سرعت باد (km/hr)
مستطیلی			مربعی				
۲۶×۳۰	۲۲×۳۰	۲۲×۲۶	۳۰×۳۰	۲۶×۲۶	۲۲×۲۲		
۷۷/۷	۷۸/۴	۸۱/۷	۷۵/۹	۸۰/۷	۸۲/۵	۳/۵	۲/۸
۷۸/۷	۷۹/۸	۸۳/۶	۷۶	۸۱/۶	۸۴/۶	۴	۳/۸
۸۱/۳	۸۱/۹	۸۶/۸	۷۷/۸	۸۴/۹	۸۸/۳	۴/۵	۲/۴
۸۱	۸۳/۳	۸۶/۵	۷۸/۸	۸۴/۳	۸۷/۷	۵	۳
۶۵/۱	۶۶/۷	۷۷	۵۵	۷۶/۱	۸۰/۶	۳/۵	۷/۶
۷۰/۲	۷۰/۸	۷۹/۶	۶۳/۶	۷۸/۶	۸۱/۲	۴	۸/۵
۷۸/۷	۸۰	۸۳/۴	۷۵/۳	۸۲/۳	۸۴/۱	۴/۵	۱۰/۶
۷۳/۱	۷۵/۳	۸۱/۳	۶۹/۲	۷۸/۳	۸۴/۱	۵	۹/۷
۵۶/۶	۶۱/۶	۷۲	۴۷/۱	۶۶/۸	۷۹/۲	۳/۵	۱۶
۶۳/۳	۶۶/۴	۷۷/۴	۵۵/۷	۷۳/۵	۸۱/۱	۴	۱۵/۳
۶۷/۵	۷۰	۷۹/۵	۵۹/۴	۷۶/۴	۸۲/۵	۴/۵	۱۵/۸

آبپاش وجود دارد فاصله داشته باشد. در این مطالعه فشار آب با استفاده از فشارسنج تعبیه شده در بدنه رایزر طبق استاندارد اندازه‌گیری گردید. نظر به این‌که اکثر محققین تأیید کرده‌اند که ضریب یکنواختی کریستیانسن (رابطه ۱) کاربرد عمومی دارد. این ضریب معیار سنجش ضریب یکنواختی توزیع آب در این مطالعه انتخاب شد.

نتایج و بحث

در جداول ۱ و ۲ به ترتیب متوسط ضرایب یکنواختی توزیع آب برای آبپاش‌های ADF و Nelson در سرعت باد، فشار و فواصل مورد نظر ارائه شده است. در ستون اول این جداول با توجه به دسته‌بندی محدوده‌های سرعت باد، (ملایم (کمتر از ۷)، متوسط (بین ۷ تا ۱۴) و شدید (بیشتر از ۱۴ کیلومتر در ساعت)) متوسط سرعت بادهای موجود در هنگام آزمایش برای این محدوده‌ها در فشارهای مختلف ارائه شده است.

در جداول ۱ و ۲ نتایج زیر ملاحظه می‌شود. برای هر دو آبپاش با افزایش سرعت باد تقریباً در همه فواصل ضریب

توسط میخ‌های چوبی و سیم فلزی مهار گردید. در این تحقیق از ظروف جمع‌کننده با قطر ۱۳/۹ سانتی‌متر و شبکه مربعی ۴×۴ مترمربع برای ظرف‌های جمع‌کننده استفاده شد. برای اندازه‌گیری حجم آب ظروف از استوانه‌های مدرج استفاده گردید. ارتفاع رایزر مورد آزمایش با توجه به استاندارد، ۱۶۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای عمود نگه داشتن رایزر از پایه‌های تنظیم شونده و تراز بنایی استفاده گردید.

از آن‌جا که آزمایش‌ها در فضای باز، در مزرعه انجام شد، در نتیجه عوامل اقلیمی شامل سرعت و جهت باد، دما و رطوبت هوا غیرقابل کنترل بود لذا در هر آزمایش مقادیر سرعت باد با استفاده از ایستگاه هواشناسی واقع در فاصله ۴۰۰ متری مزرعه آزمایشی، در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین تعیین گردید و در طول هر آزمایش میانگین سرعت باد در نظر گرفته شد. با توجه به استاندارد (۱۹۹۰) ISO ۷۷۴۹/۲ فشار متوسط همان فشار سر آبپاش تعریف می‌شود. این فشار باید در نقطه‌ای از پایه آبپاش اندازه‌گیری شود که حداقل به اندازه ۱۰ برابر قطر لوله از نقطه‌ای که در آن تغییر جهت یا تغییر مقطع در پایه

جدول ۲. ضریب یکنواختی آبپاش Nelson در شرایط مختلف باد، فشار آب، آرایش و فواصل آبپاش‌ها

متوسط سرعت باد (km/hr)	فشار آب (bar)	آرایش و فواصل آبپاش‌ها (m)					
		مستطیلی			مربعی		
		۲۶×۳۰	۲۲×۳۰	۲۲×۲۶	۳۰×۳۰	۲۶×۲۶	۲۲×۲۲
۳/۲	۴	۸۱/۲	۸۳/۴	۸۴/۸	۷۹/۵	۸۳/۹	۸۶/۳
۵/۳	۴/۵	۸۲/۳	۸۴	۸۴/۸	۸۱	۸۴/۱	۸۶/۲
۲/۳	۵	۸۲/۶	۸۴/۳	۸۵/۷	۸۱/۱	۸۴/۱	۸۷/۲
۲/۳	۵/۵	۸۵/۵	۸۷/۱	۸۷/۶	۸۴/۶	۸۶/۷	۸۸/۷
۱۰/۹	۴	۷۹/۳	۸۱/۶	۸۰/۶	۷۶	۸۰/۷	۸۲/۳
۹	۵	۸۰/۱	۸۱/۹	۸۲/۶	۷۷/۶	۸۱	۸۴
۱۳	۵/۵	۷۷/۸	۸۰/۷	۸۴/۵	۷۳	۸۳/۹	۸۶/۶
۱۶/۳	۴/۵	۷۲/۹	۷۵/۳	۸۱/۳	۶۹	۷۹/۸	۸۲
۱۷/۸	۵/۵	۷۴/۶	۷۶/۴	۸۰/۳	۷۳/۱	۷۹/۳	۸۱/۶

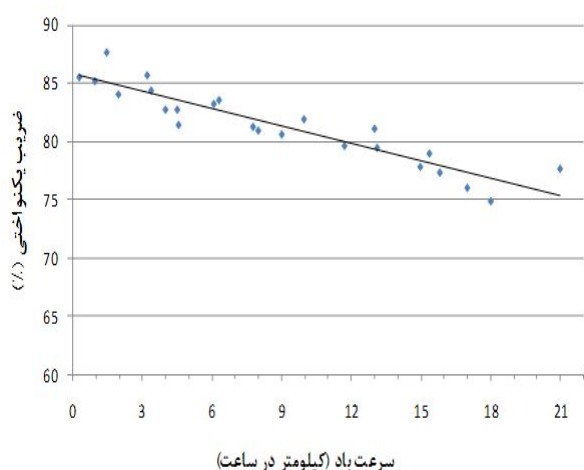
یکنواختی توزیع آب کاهش یافته است که این کاهش در فواصل بزرگ‌تر مشهودتر بوده و با افزایش فواصل آبپاش‌ها (افزایش نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش) در همه فشارها و سرعت‌های باد ضریب یکنواختی توزیع آب کاهش یافته است.

با توجه به بررسی اثر فشار آب بر ضریب یکنواختی آبپاش ADF با استفاده از مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، اختلاف بین فشار ۴/۵ بار با بقیه فشارها معنی‌دار است و بین ۴ و ۵ بار اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. فشار ۴/۵ بار مناسب‌تر از بقیه است و فشار کمتر از ۴ بار توصیه نمی‌شود. برای آبپاش Nelson بین فشارهای اعمال شده، از لحاظ ضریب یکنواختی با توجه به مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

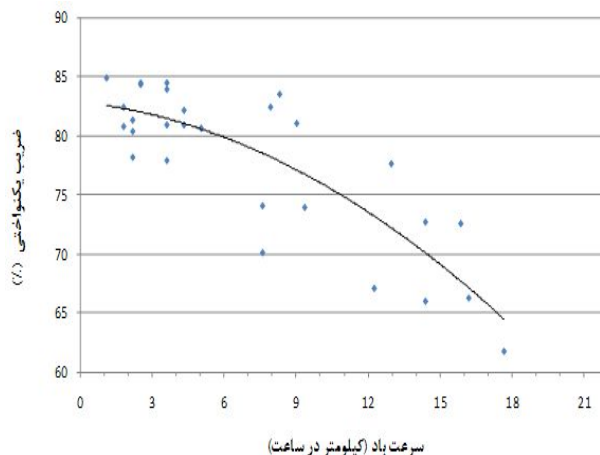
در شرایط مناسب جوی، هیدرولیکی، و مدیریتی (سرعت باد ملایم، تغییرات فشار کم و فواصل مناسب آبپاش‌ها) یعنی درحالتی که بیشترین ضرایب یکنواختی برای هر آبپاش به‌دست آمده است بین ضرایب یکنواختی به‌دست آمده برای

دو آبپاش تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد اما درحالتی که باد متوسط و شدید وجود دارد برای آبپاش ADF کاهش چشمگیری در ضریب یکنواختی به‌خصوص در فواصل بزرگ‌تر آبپاش‌ها نسبت به آبپاش Nelson مشاهده می‌شود. ضرایب یکنواختی آبپاش ADF در بهترین حالت ۸۸/۳ و در بدترین حالت آزمایش‌های انجام شده، ۴۷/۱ به‌دست آمده است که این مقادیر برای آبپاش Nelson به‌ترتیب ۸۸/۷ و ۶۹ درصد می‌باشد. آنچه مشخص است آبپاش Nelson نسبت به تغییرات سرعت‌های باد و همچنین فشار در نظر گرفته شده نوسانات کمتری از لحاظ ضریب یکنواختی نسبت به آبپاش ADF دارد.

برای هر دو آبپاش آرایش مربعی در مجموع دارای شرایط بهتری نسبت به آرایش مستطیلی آبپاش‌ها می‌باشد زیرا آرایش مربعی ضمن پوشش دادن مساحت بیشتر در مجموع با آرایش مستطیلی ضریب یکنواختی تقریباً برابری دارد. دلیل این امر می‌تواند هم‌پوشانی بهتر آب آبپاش‌ها در جهات مختلف در آرایش مربعی نسبت به آرایش مستطیلی باشد. که در طراحی



شکل ۳. رابطه بین سرعت باد و ضریب یکنواختی آرایش Nelson



شکل ۲. رابطه بین سرعت باد و ضریب یکنواختی آرایش ADF

جدول ۳. اثر فواصل آرایش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب، آرایش ADF

مستطیلی			مربعی			آرایش آرایش‌ها
۲۶×۳۰	۲۲×۳۰	۲۲×۲۶	۳۰×۳۰	۲۶×۲۶	۲۲×۲۲	فاصله آرایش‌ها (m)
۷۲/۱	۷۴	۸۰/۸	۶۶/۷	۷۵/۵	۸۳/۳	ضریب یکنواختی (%)
۰/۴۸×۰/۵۶	۰/۴۱×۰/۵۶	۰/۴۱×۰/۴۸	۰/۵۶×۰/۵۶	۰/۴۸×۰/۴۸	۰/۴۱×۰/۴۱	متوسط فاصله نسبت به قطر پراکنش

باد و متوسط ضرایب یکنواختی را نشان می‌دهند.

$$CU = -0.046W^2 - 0.22W + 82.87 \quad [2]$$

$$(R^2 = 0.70)$$

$$CU = -0.499W + 85.84 \quad (R^2 = 0.86) \quad [3]$$

در روابط (۲) و (۳)، CU ضریب یکنواختی (%) و W سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (km/hr) است.

در این تحقیق برای بررسی اثر فواصل آرایش‌ها بر یکنواختی توزیع آب فاصله آرایش‌ها، ۲۲، ۲۶ و ۳۰ متر متفاوت در نظر گرفته شد. ارتباط بین فواصل مختلف و ضریب یکنواختی توزیع آب در جداول ۳ و ۴ به ترتیب برای آرایش‌های ADF و Nelson نشان داده شده است. ضرایب یکنواختی مندرج در جداول مذکور متوسط ضرایب یکنواختی تمام تیمارها برای فواصل مورد نظر می‌باشد با توجه به معادلات ۲ و ۳ چنانچه سرعت باد به اندازه‌ای شدید باشد که باعث کاهش بیش از حد ضریب یکنواختی گردد باید در مدیریت آبیاری این

سیستم بارانی آرایش مربعی آرایش‌ها توصیه می‌شود. البته با توجه به مسائل اقتصادی و مشخص بودن جهت غالب وزش باد منطقه و موقعیت طرح آبیاری بارانی، آرایش مستطیلی نیز با به کار بردن فواصل بهینه آرایش‌ها می‌تواند مناسب باشد.

سرعت و جهت باد نقش بسزایی در یکنواختی توزیع آب در سیستم‌های آبیاری بارانی دارد وجود بادهای شدید در یک منطقه می‌تواند عامل محدود کننده در طرح ریزی سیستم بارانی بوده و یا حداقل زمان کار آن را محدود به شب که در آن سرعت باد کمتر است بنماید. رابطه بین سرعت باد و ضریب یکنواختی توزیع آب در اشکال ۲ و ۳ به ترتیب برای آرایش‌های ADF و Nelson نشان داده شده است ضریب یکنواختی در این شکل‌ها متوسط ضریب یکنواختی در آرایش و فواصل مختلف در نظر گرفته شده برای هر آزمایش است.

با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ روابط (۲) و (۳) به ترتیب برای آرایش‌های ADF و Nelson به دست آمد که رابطه بین سرعت

جدول ۴. اثر فواصل آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب، آبیاش Nelson

مستطیلی			مربعی			آرایش آبیاش‌ها
۲۶×۳۰	۲۲×۳۰	۲۲×۲۶	۳۰×۳۰	۲۶×۲۶	۲۲×۲۲	فاصله آبیاش‌ها (m)
۷۹/۶	۸۱/۶	۸۳/۶	۷۷/۲	۸۲/۶	۸۵	ضریب یکنواختی (%)
۰/۵۸×۰/۵	۰/۵۸×۰/۴۲	۰/۵۸×۰/۴۲	۰/۵۸×۰/۵۸	۰/۵×۰/۵	۰/۴۲×۰/۴۲	متوسط فاصله نسبت به قطر پراکنش

کریستیانسن (۱۹۴۲) پس از مطالعه حالت‌ها و شرایط مختلف، فواصلی را برای آبیاش‌ها پیشنهاد کرده است. وی برای آرایش مستطیلی و مربعی به ترتیب نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش، $۰/۵$ و $۰/۴ \times ۰/۶$ را پیشنهاد کرده است. کلر (۱۹۸۳) پس از مطالعاتی یک قاعده کلی برای مناطق با بادهای متوسط و آرایش‌های مربعی و مستطیلی به ترتیب نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش $۰/۵$ و $۰/۴ \times ۰/۶۷$ را پیشنهاد کرده است. تارجوئلو نتیجه گرفت آرایش‌های مربعی نسبت به آرایش‌های مستطیلی آبیاش‌ها ضریب یکنواختی بالاتری دارند و با افزایش سرعت باد کاهش یکنواختی با معادله درجه دو مطابقت دارد (۱۶). هارت اثر کاهش یکنواختی در نتیجه افزایش سرعت باد را خطی ذکر کرد (۹). همان‌طور که مشخص است نتایج این تحقیق با نتایج اکثر کسانی که در این زمینه فعالیت کرده‌اند، مطابقت دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین شرکت مهندسین مشاور سامان‌آبراه که امکانات لازم را برای انجام این تحقیق فراهم نمودند تقدیر و تشکر می‌شود.

مسئله را لحاظ کرد مثلاً اگر سرعت باد برای معادله ۲ بیش از ۱۴ کیلومتر در ساعت شود ضریب یکنواختی کمتر از ۷۰ درصد خواهد شد و با توجه به شرایط مزرعه می‌توان در مورد آبیاری در این شرایط تصمیم‌گیری کرد. همان‌طور که از معادلات ۲ و ۳ مشخص است شیب منحنی مربوط به آبیاش ADF بیشتر بوده یعنی سرعت باد هرچه شدیدتر باشد اثر بیشتری بر آبیاش ADF دارد.

با توجه به جداول ۳ و ۴ ضریب یکنواختی توزیع آب برای دو آبیاش در فواصل ۲۲×۲۲ متر مربع بیشترین مقدار و در فواصل ۳۰×۳۰ متر مربع کمترین مقدار می‌باشد آنچه مشخص است اثر فاصله آبیاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب بیشتر از اثر آرایش آبیاش‌ها می‌باشد که باید در طراحی‌ها فاصله آبیاش‌ها با دقت بیشتری تعیین شود. علت اصلی افزایش یکنواختی با کاهش فواصل آبیاش‌ها می‌تواند تداخل بیشتر آب آبیاش‌ها در فواصل کوچک‌تر باشد نتایج حاصل نشان می‌دهد که با کاهش نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش، ضریب یکنواختی افزایش می‌یابد. برای آبیاش‌های مورد مطالعه نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش در حدود $۰/۴$ تا $۰/۵$ در آرایش‌های مربعی و مستطیلی پیشنهاد می‌شود. که در شرایط نامناسب محیطی مانند بادهای شدید فواصل کمتر آبیاش‌ها نتایج مناسب‌تری خواهد داشت زیرا طبق آنچه که قبلاً گفته شد با افزایش سرعت باد در فواصل بزرگ‌تر آبیاش‌ها ضریب یکنواختی کاهش بیشتری نسبت به فواصل کمتر دارد.

منابع مورد استفاده

۱. باوی، ع. کشکولی ح. و برومند نسب س. ۱۳۸۷. تاثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی در منطقه امیدیه. مجله پژوهش آب ایران ۲(۲): ۵۹-۵۳.
۲. علیزاده، امین. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری، جلد دوم، طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات دانشگاه امام رضا.
۳. شیخ اسماعیلی، ا. ۱۳۸۲. بررسی یکنواختی توزیع آب و تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک A-D-5. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده کشاورزی.
4. Beal, J. G. 1957. Sprinkler irrigation application efficiency. Australian Irrigation Development Association Report.
5. Chaudry F. H. 1978. Nonuniform sprinkler irrigation application efficiency. J. Irrigation and Drainage Division, ASCE, 2:165-178.
6. Christiansen, J. E. 1942. Irrigation by sprinkling. California Agric. Exp. Sta. Bull, 670. University of California, Berkeley.
7. Dabbous, B. 1962. A study of sprinkler uniformity evaluation methods. Master degree Thesis, Utahstate University at Logan.
8. De wrachien, D., and G. Lorenzini, G. 2006. Modeling jet flow and losses in sprinkler irrigation: Overview and perspective of a new approach. Biosys. Engin. 94(2): 297-309.
9. Hart, W. E. and W. N. Reynolds. 1965. Analytical design of sprinkler system. Trans. ASAE, 8(1): 83-89.
10. Heerman, D.F. 1983. Design and operation of farm irrigation system. ASAE. PP. 591-600.
11. ISO-7749/2. 1990. Part 2. Uniformity of distribution and test methods. Agricultural irrigation equipment-Rotating sprinklers.
12. Karmeli, D. 1978. Estimating sprinkler distribution pattern using linear regression. Transactions of the ASAE 21, 682-686.
13. Keller, J. 1983. USDA-SCS national engineering handbook section 15. Irrigation, Sprinkler Irrigation.
14. Pair, C. H. 1968. Water distribution under sprinkler irrigation. Trans. ASAE 11(5): 648-651.
15. Playan, E., R. Salvador, J. M. Faci, N. Zapata, A. Martinez-cob and I. Sanchez. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. Agric. Water Manage. 76:139-159.
16. Tarjuelo, J. 1992. Working condition of sprinkler to optimize application of water. J. Irrigation and Drainage Engineering 118 (6): 895-913
17. Zapata, N., E. Playan, A. Martinez-Cob, I. Sanchez, J. M. Faci, and S. Lecina. 2007. From on farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. J. Agric. Water Manage. 87: 187-199.