

## مقاله پژوهشی

### تأثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی در منطقه امیدیه

عادل باوی<sup>۱\*</sup>، حیدر علی کشکولی<sup>۲</sup> و سعید برومند نسب<sup>۳</sup>

دریافت: ۱۳۸۷/۰۲/۰۸ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۵/۰۶

#### چکیده

برای بررسی اثر شدت‌های مختلف باد، فشار، فواصل و آرایش آبپاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی طرحی با استفاده از سه طیف شدت باد (0-5، 5-7 و 7 > متر بر ثانیه)، سه فشار متوسط آبپاش (35، 40 و 45 متر) و سه فاصله آبپاش روی لوله فرعی (15، 18 و 21 متر) اجرا شد و آرایش‌های مختلف (مستطیلی، مربعی و مثلثی) برای همه تیمارها مشابه سازی و یکنواختی توزیع آب محاسبه گردید. نتایج حاصل از اجرای این طرح نشان داد که وقتی که سرعت باد متوسط باشد (5-7 متر بر ثانیه) ضریب یکنواختی 2/3 درصد نسبت به باد ملایم (0-5 متر بر ثانیه) کاهش می‌یابد. با افزایش سرعت باد تا حدود 7 متر بر ثانیه، کاهش ضریب یکنواختی در مقابل افزایش سرعت باد زیاد نیست، ولی در سرعت‌های بیشتر (بیشتر از 7 متر بر ثانیه) ضریب یکنواختی شدیداً کاهش می‌یابد (در این طیف ضریب یکنواختی 20 درصد کاهش داشته است). ضریب یکنواختی توزیع آب در فواصل 15×15 متر (نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش 0/39×0/39) بیشترین مقدار و در فواصل 21×21 متر (نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش 0/5×0/5) کمترین مقدار می‌باشد. با افزایش نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش، ضریب یکنواختی مخصوصاً در بادهای شدید کاهش یافته است، به همین دلیل توصیه می‌شود با افزایش سرعت باد، نسبت فواصل آبپاش‌ها را به قطر پراکنش کاهش داده و از آرایش‌های مربعی استفاده شود تا ضریب یکنواختی توزیع آب قابل قبول گردد.

#### واژه‌های کلیدی: فواصل آبپاش‌ها، آرایش آبپاش‌ها و قطر پراکنش

ارجاع: باوی ع. کشکولی ح. و برومند نسب س. ۱۳۸۷. تأثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی در منطقه امیدیه. مجله پژوهش آب ایران. ۲(۲): ۵۹-۵۳.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۲</sup> عضو هیات علمی گروه آبیاری دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۳</sup> عضو هیات علمی گروه آبیاری دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

\* نویسنده مسئول: [adel\\_ba2000@yahoo.com](mailto:adel_ba2000@yahoo.com)

## مقدمه

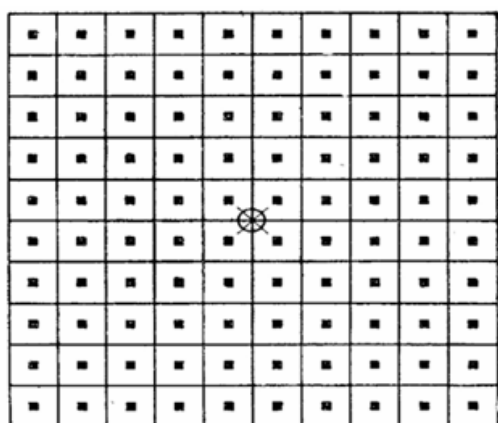
توسط ویرسما (1955) روی اثرات فشار، سرعت و جهت باد بر یکنواختی توزیع آب انجام گرفت و نتایج نشان داد که افزایش فشار از 331 کیلو پاسکال (34 متر) به 386 کیلو پاسکال (39 متر) اثر کمی در یکنواختی توزیع آب دارد و ارتباط بین سرعت باد و یکنواختی در فشار 386 کیلو پاسکال خطی و معکوس است. چودری (1978) پیش بینی کرد که حداقل یکنواختی قابل قبول می تواند از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت باشد و به همین دلیل ممکن است سیستم هایی با یکنواختی یکسان تحت شرایط متفاوت اقتصادی قابلیت کاربرد متفاوتی داشته باشند. هارت و رینولدز (1965) با فرض اینکه توزیع آب از آبپاش های توزیع نرمال در نظر گرفته شود و در نتیجه متوسط مقادیر مطلق انحرافات برابر  $0/798d$  باشد، معادله (1) را برای محاسبه ضریب یکنواختی ارائه نمودند.

$$U_{CH} = 100 \left[ 1 - \frac{0/798d}{\bar{Y}} \right] \quad (1)$$

## مواد و روش ها

اراضی مزرعه آزمایشی امیدیه با سطح ناخالص 50 هکتار و سطح خالص در حدود 42 هکتار واقع در جنوب شرقی استان خوزستان در طول شرقی  $30^{\circ} 42' 49''$  و عرض شمالی  $50^{\circ} 30'$  می باشد. این مزرعه در مجاورت کانال اصلی شبکه آبیاری شهید رجایی (کانال RMC) به فاصله 2 کیلومتر از جاده اصلی امیدیه-ماهشهر در مسیر جاده سویره و در نزدیکی فرودگاه قدیمی شرکت نفت واقع گردیده است. منبع تأمین آب اراضی مزرعه آزمایشی امیدیه رودخانه زهره می باشد که در 12 کیلومتری مزرعه واقع شده است. برای حصول نتایج جامع، 75 مورد آزمایش در روزها و ساعت های مختلف شبانه روز صورت گرفت تا روابط و نمودارهای بدست آمده بتواند دامنه وسیعی از شرایط مختلف جوی و هیدرولیکی را در برگیرد. آزمایش هایی که اطلاعات ناقص یا اشتباه داشتند، حذف شد و از داده های آنها در تجزیه و تحلیل ها استفاده نشد. در این تحقیق از آبپاش نوع ژاله 3 دو نازله با قطر نازل های  $(3/32) \times (1/8)$  اینچ استفاده شد. بر اساس اطلاعاتی که از شرکت تکنوژاله، کارخانه سازنده آبپاش ژاله 3 بدست آمد، قطر پراکنش آبپاش ژاله 3 در

روش های آبیاری با پیشرفت فناوری روز به روز وضعیت تازه تر و پیشرفته تری به می یابد و هر روز روش های بهتر و مدرن تری با پتانسیل راندمان بیشتر ابداع و ارائه می شود. استفاده از روش های مختلف آبیاری بستگی به شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه و حالت خاص منطقه دارد. آبیاری بارانی نیز یکی از این روش هاست که پایه و اساس آن مبتنی بر پیشرفت و توسعه علم و صنعت در دنیای امروز است. البته باید توجه داشت که نباید آبیاری بارانی و یا هر روش دیگر را صرفاً بدلیل پیشرفته و مدرن بودن آن توصیه نمود. بلکه قبل از هر چیز مطالعه شرایط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی ضروری است. در این روش به جای اینکه آب از طریق کانال منتقل و سپس روی زمین (کرت، نوار یا شیار) رها شود، از سیستم لوله و آبپاش استفاده می شود. به همین دلیل توزیع آب راندمان بالایی دارد. در ایران به طور معمول از روش های سنتی آبیاری استفاده می شود که مشخصه آنها، راندمان پایین است. البته مجدداً لازم به ذکر است که راندمان آبیاری بارانی همیشه در حد مطلوب نیست، اما به طور کلی با توجه به راندمان پایین آبیاری در ایران، در صورتی که استفاده از آن با مطالعه و شناخت صورت گیرد، می تواند به صرفه جویی در مصرف آب کمک کند و باعث بالا رفتن سطح زیر کشت شود. در این تحقیق، مقدار یکنواختی توزیع آب در شرایط مختلف از لحاظ فشار آب، آرایش و فواصل آبپاش ها اندازه گیری شد و تغییرات آن نسبت به پارامترهای مذکور بررسی گردید. سپس شرایط بهینه از نظر فشار آب، آرایش و فواصل آبپاش ها برای رسیدن به مقدار ضریب یکنواختی مناسب پیشنهاد گردید. به طور خلاصه هدف اصلی این طرح تحقیقاتی مطالعه تأثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر یکنواختی توزیع آب در شرایط بادهای جاری با شدت های متفاوت در منطقه امیدیه-ماهشهر می باشد. مطالعاتی توسط هارت (1995) برای نشان دادن اثر فشار، سرعت باد، فاصله آبپاش ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب انجام شده و نتایج نشان داده است که در همه فواصل  $9 \times 15$  متر،  $9 \times 18$  متر،  $12 \times 18$  متر) وقتی فشار از 20 پوند بر اینچ مربع  $13/6$  (متر) به 60 پوند بر اینچ مربع  $(40/8)$  متر) افزایش یافته و ضریب یکنواختی نیز افزایش می یابد. همچنین مطالعاتی



قوٹی جمع آوری آب ■ آبیاش ژاله ۳

شکل ۱- نمای کلی استقرار آبیاش ژاله ۳ و قوٹی‌های جمع آوری آب

دابوس (1962) بوسیله روش‌های آماری نشان داد که ضریب یکنواختی کریستیانسن در مقایسه با سایر روش‌ها اعتبار بیشتری دارد، همچنین هیرمان (1983) معتقد است که شرکت‌های سازنده آبیاش‌ها معمولاً از ضریب یکنواختی کریستیانسن برای ارزیابی سیستم‌هایشان استفاده می‌کنند. برای استفاده از معادله کریستیانسن، آزمایش در مزرعه صورت گرفته و زمین شبکه‌بندی شده و قوٹی‌های جمع‌آوری آب در رأس شبکه مربعات قرار گرفت و ضریب یکنواختی کریستیانسن توسط معادله آماری (2) محاسبه می‌گردید.

$$CU = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \bar{y}|}{\sum_{i=1}^N y_i} \right) \quad (2)$$

که در معادله فوق:

CU = ضریب یکنواختی کریستیانسن، درصد،  $y_i$  = پاشش اندازه‌گیری شده در هر منطقه از شبکه، حجم یا عمق،  $\bar{y}$  = متوسط میزان پاشش روی تمام نقاط اندازه‌گیری شده، حجم یا عمق و  $N$  = تعداد مشاهدات، در اینجا تعداد اندازه‌گیری‌ها به منظور تعیین مقدار آب دریافت شده در نقاط مختلف مزرعه. برای عملکرد یکنواخت مطلق سیستم آبیاری، ضریب یکنواختی با استفاده از معادله فوق برابر 100 درصد بدست خواهد آمد. که در شرایط واقعی هرگز حاصل نخواهد شد.

شرایط بدون باد در فشار آب 32 متر برابر با 36 متر و در فشار آب 39 متر برابر با 36/9 متر و همچنین در فشار آب 42 متر برابر با 37/8 متر می‌باشد. آزمایش‌های این طرح بر اساس استاندارد (1990) ISO 7749.2 با روش استقرار آبیاش منفرد اجرا شد. پارامترهای قابل اندازه‌گیری شامل سرعت باد، فشار آب، دبی و میزان آب جمع‌آوری شده در قوٹی‌ها بر اثر خروج آب از آبیاش می‌باشد. پارامترهای هواشناسی با نصب دستگاه بادسنج سه فنجان‌ی اندازه‌گیری شد. میزان دبی خروجی آب از آبیاش در مزرعه با نصب کنتور حجمی و کرنومتر به طور دقیق اندازه‌گیری شد. حداقل زمان کار آبیاش در هر آزمایش 1 ساعت است. همچنین سعی گردید با توجه به تغییر مقدار پارامترهای جوی نسبت به زمان و عدم وقوع همان شرایط قبلی به طور دقیق، تکرار آزمایش‌ها با شرایط مشابه صورت گیرد. زمان اجرای آزمایش‌ها از زمستان سال 1383 تا زمستان سال 1384 به طول انجامید. برای دستیابی به اهداف این مطالعه آزمایش‌هایی با سه شدت باد جاری در منطقه (5-0، 7-5 و  $> 7$  متر بر ثانیه)، سه تیمار فشار متوسط آبیاش (35، 40 و 45 متر) و سه فاصله آبیاش روی لوله جانبی (15، 18 و 21 متر) اجرا شد. با توجه به اینکه آرایش و فواصل آبیاش‌ها از فاکتورهای مؤثر بر یکنواختی توزیع آب است، در این مطالعه، برای بررسی اثرات فواصل آبیاش‌ها در آرایش‌های مختلف بر یکنواختی توزیع آب، سه فاصله 15، 18 و 21 متر به عنوان فاصله آبیاش‌ها بر روی لوله فرعی انتخاب و سپس یکنواختی توزیع آب برای فواصل  $15 \times 15$ ،  $15 \times 18$ ،  $18 \times 18$ ،  $15 \times 21$ ،  $18 \times 21$  و  $21 \times 21$  متر در سه آرایش مستطیلی، مربعی و مثلثی محاسبه گردید. شکل (1) نمای کلی استقرار ظروف جمع‌آوری آب می‌باشد که این ظروف به صورت شبکه  $3 \times 3$  متر در اطراف آبیاش ژاله 3 قرار گرفته اند.

## نتایج و بحث

متوسط سرعت باد نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش در طیف توصیه شده باشد ضریب یکنواختی بیشتر از 80 درصد خواهد بود که این یکنواختی توزیع آب مورد قبول اکثر طراحان سیستم‌های آبیاری می‌باشد. آرایش آبپاش‌ها در مقایسه با فواصل آبپاش‌ها، تأثیر کمتری بر یکنواختی توزیع آب دارد. گرچه ضریب یکنواختی در آرایش مثلی کمی بیشتر از آرایش مستطیلی می‌باشد، در آرایش مستطیلی به علت بهینه نبودن فواصل آبپاش‌ها (در آرایش مستطیلی همپوشانی از یک طرف بهینه باشد ناگزیر در طرف دیگر بهینه نخواهد بود) ضریب یکنواختی کمتر است. سرعت باد یکی از عوامل مؤثر بر ضریب یکنواختی می‌باشد. به طور کلی با افزایش سرعت باد ضریب یکنواختی توزیع آب کاهش می‌یابد. تأثیر سرعت باد در آرایش‌های مستطیلی نسبت به آرایش‌های مربعی بیشتر است. به طور کلی با افزایش فواصل آبپاش‌ها ضریب یکنواختی کاهش می‌یابد.

مطابق جدول 1 با افزایش فشار (از 35 به 45 متر) ضریب یکنواختی توزیع آب افزایش یافته و این ارتباط خطی نبوده بلکه در فشارهای کم (بین 35 تا 40 متر) دارای شیب بیشتری نسبت به فشارهای زیاد (بین 40 تا 45 متر) می‌باشد. بر اساس مطالعات کریستیانسن (1942) هر چه فشار کارکرد سیستم کمتر باشد، آبپاش‌ها باید با فواصل کمتری از یکدیگر قرار گیرند. نتایج این بررسی نیز نظریات کریستیانسن را تایید می‌کند. به طور کلی ضریب یکنواختی توزیع آب با کاهش فواصل آبپاش‌ها افزایش می‌یابد. لیکن در این زمینه باید مسائل اقتصادی را نیز در نظر گرفت. همچنین کلر (1983) برای آرایش‌های مستطیلی، مربعی و مثلی به عنوان یک قاعده کلی به ترتیب نسبت فواصل آبپاش‌ها به قطر پراکنش را  $0.0/54 \times 0/67$ ،  $0/5$  و  $0/62$  ارائه کرده است. نتایج این بررسی نشان داده که اگر در شرایط

جدول 1- ضریب یکنواختی توزیع آب در شرایط مختلف باد، فشار آب، آرایش و فواصل آبپاش‌ها

سرعت باد (متر بر ثانیه)	فشار آب (متر)	آرایش و فواصل آبپاش‌ها (متر)								
		مثلی 21×21	مثلی 18×18	مثلی 15×15	مستطیلی 21×18	مستطیلی 21×15	مستطیلی 15×18	مربعی 21×21	مربعی 18×18	مربعی 15×15
0-5	35	88/7	87/29	90/69	86/79	88/3	88/7	87/7	87/51	94/34
0-5	40	89/4	91/1	92/7	87/18	88/6	89	87/7	93/31	94/91
0-5	45	90/3	93/58	93/32	87/3	89/4	89/1	88/1	92/17	95/06
5-7	35	80/8	88/81	90/82	81/39	83/4	84	82	89/58	92/9
5-7	40	86/1	89/52	90/35	89/98	90/2	91/4	81/5	89/91	94/04
5-7	45	91/3	89/05	92/09	90/96	89/4	92/3	89/3	88/85	95/74
7<	35	50/7	71	83/93	59/94	60/3	65/7	74/8	74/47	81/51
7<	40	70/5	80/72	83/74	69/47	73/8	73/8	73/6	85/17	88/63
7<	45	70/5	85/92	84/63	74/95	77	78/5	62/7	89/93	89/84

منحنی بیشتر است. براساس مطالعات کریستیانسن (1942) در هر آبپاش معین هر چه فشار آب کمتر گردد شدت پخش بیشتر می‌شود (با کاهش فشار، دبی و شعاع پراکنش کم می‌شود ولی تأثیر کاهش سطح نسبت به کاهش دبی زیاد است و این موجب افزایش شدت پخش می‌شود)، و نیز شدت ضربه قطرات آب روی خاک افزایش و یکنواختی

همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، وقتی فشار از 35 متر، 14 درصد افزایش یافته و به 40 متر برسد، ضریب یکنواختی  $6/5$  درصد افزایش می‌یابد. در صورتی که وقتی فشار 26 درصد افزایش یافته و 45 متر شود، ضریب یکنواختی  $7/9$  درصد افزایش می‌یابد. ملاحظه می‌شود که این ارتباط خطی نبوده و در فشارهای کمتر شیب این

صورتی که در آبیاش مورد بررسی فشار حدود 40 تا 45 انتخاب شود ضریب یکنواختی بیشتر از 85 درصد خواهد بود که مورد قبول اکثر طراحان می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج حاصله بوسیله دیگر محققان که روی فشارهای متوسط و زیاد کار کرده‌اند مطابقت دارد. برای پیدا کردن فشار بهینه توصیه می‌شود طیف وسیع‌تری از فشار، بررسی شود.

پخش آب کاهش می‌یابد. در نتیجه توصیه می‌شود که هر چه فشار کمتر باشد آبیاش‌ها به فواصل کمتر از یکدیگر قرار گیرند. بر اساس این مطالعه مؤثرترین عامل کاهش ضریب یکنواختی در فشار کم، بارش نسبتاً زیاد آب در محیط دایره پاشش است. افزایش فشار، بارش زیاد آب در محیط دایره پاشش را کاهش می‌دهد (تا حدودی الگوی پاشش را اصلاح می‌کند) و باعث افزایش ضریب یکنواختی می‌شود. در

جدول 2- تأثیر فشار کارکرد بر یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری بارانی

فشار (متر)	ضریب یکنواختی (درصد)	درصد افزایش فشار نسبت به فشار 35 (متر)	درصد افزایش ضریب یکنواختی نسبت به فشار 35 (متر)
35	81	-	-
40	86	14	6/5
45	88	26	7/9

### تأثیر آرایش آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب

نتایج تارجوئلو را تأیید می‌کند. با توجه به نتایج این مطالعه توصیه می‌شود حتی‌المقدور از آرایش‌هایی که فاصله آبیاش‌ها روی لوله‌های فرعی و فاصله لوله‌های فرعی روی لوله اصلی برابر است (مربعی و مثلث متساوی الاضلاع) استفاده شود.

تأثیر آرایش آبیاش‌ها بر روی ضریب یکنواختی توزیع آب در جدول 3 نشان داده شده است. ضرایب یکنواختی ارائه شده در این جدول متوسط ضرایب یکنواختی تمام تیمارها برای آرایش‌های مورد نظر است. در این جدول ملاحظه می‌شود، آرایش مربعی بیشترین و آرایش مستطیلی کمترین ضریب یکنواختی را دارد. گرچه ضریب یکنواختی آب در آرایش مثلثی کمی بیشتر از آرایش مستطیلی است، ولی به علت مشکلات در مدیریت و بهره‌برداری (جابجا کردن لوله‌های فرعی در سیستم‌های کلاسیک متحرک و نیمه متحرک) از آن در سیستم‌های آبیاری استفاده نمی‌شود. ولی در سیستم‌های کلاسیک ثابت به راحتی می‌توان از این آرایش استفاده کرد و تا حدی یکنواختی توزیع آب را افزایش داد. یکی از مؤثرترین عواملی که می‌تواند در بالا بردن یکنواختی توزیع آب نقش مؤثری داشته باشد، میزان همپوشانی آب آبیاش‌ها در جهات مختلف است. در آرایش مربعی همپوشانی آب آبیاش‌ها در جهات مختلف نسبتاً یکسان است، در صورتی که در آرایش مستطیلی همپوشانی در جهات طولی و عرضی متفاوت است. این موجب کاهش ضریب یکنواختی می‌شود. تارجوئلو (1992) پس از مطالعاتی نتیجه گرفت که آرایش‌های مربعی نسبت به آرایش‌های مستطیلی ضریب یکنواختی بالاتری دارند. نتایج این بررسی با نتایج اکثر محققین مطابقت دارد و

جدول 3- تأثیر آرایش آبیاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب

ضریب یکنواختی (درصد)	آرایش
82	مستطیلی
85	مثلثی
86	مربعی

### تأثیر فواصل آبیاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب

ارتباط بین فواصل مختلف و ضریب یکنواختی توزیع آب در جدول 4 نشان داده شده است. ضرایب یکنواختی مندرج در جدول فوق متوسط ضرایب یکنواختی تمام تیمارها برای فواصل مورد نظر می‌باشد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود ضریب یکنواختی توزیع آب در فواصل 15×15 متر (نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش 0/39×0/39) بیشترین مقدار و در فواصل 21×21 متر (نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش 0/5×0/5) کمترین مقدار می‌باشد. به طور کلی ضریب یکنواختی توزیع آب با

یک قاعده کلی را برای مناطق با بادهای متوسط و آرایش‌های مربعی، مستطیلی و مثلثی پیشنهاد کرده است که این مقادیر (نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش) به ترتیب 0/5، 0/4×0/67 و 0/62 است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که اگر فواصل پیشنهادی فوق رعایت شود ضریب یکنواختی توزیع آب حدود 80 درصد خواهد بود و این مورد قبول اکثر طراحان سیستم‌های آبیاری می‌باشد. نتایج این بررسی با نتایج کریستیانسن، کلر و دیگر محققان مطابق است.

کاهش فواصل آبیاش‌ها افزایش می‌یابد. علت اصلی افزایش یکنواختی می‌تواند تداخل بیشتر آب آبیاش‌ها در فواصل کوچکتر باشد. برای روشن‌تر شدن موضوع، نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش محاسبه گردید. نتایج مطابق جدول 4 نشان داد که با کاهش فواصل آبیاش‌ها روی لوله جانبی و نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش، ضریب یکنواختی افزایش می‌یابد. کریستیانسن (1942) 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، 0/4×0/6 و 0/5 را پیشنهاد کرده است. کلر (1983) پس از مطالعاتی

جدول 4- تأثیر فواصل آبیاش‌ها بر ضریب یکنواختی توزیع آب

فواصل آبیاش‌ها (متر)						پارامتر
15×18	15×21	18×21	15×15	18×18	21×21	
0/42×0/5	0/42×0/58	0/5×0/58	0/42×0/42	0/5×0/5	0/58×0/58	نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش (36) متر
0/4×0/48	0/4×0/57	0/48×0/57	0/4×0/4	0/48×0/48	0/57×0/57	نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش (37) متر
0/39×0/47	0/39×0/55	0/47×0/55	0/39×0/39	0/47×0/47	0/55×0/55	نسبت فواصل آبیاش‌ها به قطر پراکنش (38) متر
84	82	81	91	87	80	ضریب یکنواختی (درصد)
4/8	2/4	1/2	12/1	8	0	میزان افزایش یکنواختی نسبت به حداکثر فواصل آبیاش‌ها (21×21) متر

یکنواختی 2/3 درصد نسبت به باد ملایم (5-0 متر بر ثانیه) کاهش یافته است. با افزایش سرعت باد تا حدود 7 متر بر ثانیه، کاهش ضریب یکنواختی در مقابل افزایش سرعت باد زیاد نیست، ولی در سرعت‌های بیشتر (بیشتر از 7 متر بر ثانیه) ضریب یکنواختی شدیداً کاهش می‌یابد (در این طیف ضریب یکنواختی 20 درصد کاهش داشته است). تارجوئلو (1992) پس از مطالعه تأثیر سرعت باد بر ضریب یکنواختی نتیجه گرفت که ضریب یکنواختی توزیع آب با افزایش سرعت باد کاهش می‌یابد و این کاهش معمولاً با یک معادله درجه دوم مطابقت دارد. هارت (1995) پس از مطالعاتی تأثیر کاهش یکنواختی در نتیجه افزایش سرعت باد را برای

#### تأثیر باد بر ضریب یکنواختی توزیع آب

رابطه بین سرعت باد و ضریب یکنواختی توزیع آب در جدول 5 نشان داده شده است. ضرایب یکنواختی ارائه شده در این جدول متوسط ضرایب یکنواختی تمام تیمارها برای سرعت‌های باد مورد نظر می‌باشد. همانطور که در این جدول ملاحظه می‌شود در نتیجه افزایش سرعت باد یکنواختی توزیع آب برای همه تیمارها کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه مقایسه تیمارهای مختلف در یک سرعت ثابت باد در مزرعه امکان پذیر نبوده است، مقایسه تیمارها در سه طیف سرعت باد (ملایم، متوسط، شدید) اجرا شده است. وقتی که سرعت باد متوسط بوده است (5-7 متر بر ثانیه) ضریب

- 8-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.
- 9-Hart W.E. and Reynolds W.N. 1965. Analytical design of sprinkler systems. Trans. ASAE. 8(1): 83-89.
- 10-Heerman D.F. 1983. Design and operation of farm irrigation systems. ASAE. :591-600.
- 11-Keller J. 1983. SCS national engineering hand book section 15: Irrigation, Sprinkler irrigation.
- 12-Tarjuelo J. 1992. Working condition of sprinkler to optimize application of water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 118(6):895-913.
- 13-Wirsema K.L. 1955. Effect wind variation on water distribution from rotating sprinkler, Tech. Bull. No. 16 South Dakata Agricultural Experiment Station.

نازل 3/16 میلی متر و فواصل 9×15، 9×18 و 12×18 متر خطی ذکر کرده است.

جدول 5- تأثیر سرعت باد روی ضریب یکنواختی توزیع آب

سرعت باد (m/s)	یکنواختی (درصد)	درصد کاهش یکنواختی
0-5	90	—
5-7	88	2/3
7 <	75	20

در انتها لازم به ذکر است که طراحی سیستمهای آبیاری بارانی با فشار متوسط و زیاد، تا حدی می تواند در افزایش یکنواختی توزیع آب مؤثر باشد. در صورتی که فشار کارکرد سیستم، بیشتر از حد بزرگ (این فشار برای آبپاشهای استفاده شده در این تحقیق بیشتر از 45 متر است) در نظر گرفته شود، ممکن است یکنواختی توزیع آب و در نتیجه راندمان کاربرد آب کاهش یابد. تا حد امکان در سرعتهای باد بالا در صورت نیاز از آرایش مربعی با نسبت فواصل آبپاشها به قطر پراکنش حدود 0/4 و آبپاشهایی با قطر پراکنش کم استفاده گردد تا ضریب یکنواختی توزیع آب در حد قابل قبول باشد.

## منابع

- 1- توکلی ع. و سلامت ع.ر. 1378. اصول آبیاری بارانی. انتشارات درج.
- 2- رحیم زادگان ر. 1375. طراحی سیستم های آبیاری بارانی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 3- علیزاده ا. 1372. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- 4-Anonymous. 1990. Uniformity of distribution and test methods. Agricultural irrigation equipment-Rotating sprinklers.
- 5-Christiansen J.E. 1942. Irrigation by sprinkling Bulletin 670 University of California, Agricultural Experiment Station.
- 6-Chaudry F.H. 1978. Nonuniform sprinkler irrigation application efficiency. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 2:165-178.
- 7-Dabbous B. 1962. A study of sprinkler uniformity evaluation methods. M.Sc. Thesis Utah stat university, logon.





