

بررسی عملکرد سیستم های آبیاری بارانی سنتریوت با آبپاش های مختلف در شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین

مسعود رشمالو حمیدآبادی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی - گروه آبیاری - دانشکده مهندسی آب و خاک - دانشگاه تهران
E-MAIL: masoud.rh@gmail.com

تیمور سهرابی

دانشیار گروه آبیاری دانشگاه تهران

مجید میرزائی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی - گروه آبیاری - دانشکده مهندسی آب و خاک - دانشگاه تهران

مهدی قبادی نیا و وحیدرضا ویردی نژاد

دانشجویان دکتری آبیاری و زهکشی - گروه آبیاری - دانشکده مهندسی آب و خاک - دانشگاه تهران

چکیده

یک سیستم تحت فشار بر اساس شرایطی مانند آب و هوا، نوع محصول، توپوگرافی انتخاب می شود. برای آنکه بتوان عملکرد یک سیستم اجرا شده را با عدد و رقم بیان نمود، لازم است که این سیستم ها مورد ارزیابی قرار گیرند. هدف از این مطالعه، ارزیابی دو سیستم آبیاری سنتریوت با آبپاش های متفاوت بود. برای ارزیابی این سیستم ها از شاخص های ارزیابی DU , CU , $AELQ$, $PELQ$ به روش *Merriam & Keller* استفاده گردیده است. برای سیستم A (با آبپاش *Uirain SP4*) با توجه به محاسبات انجام شده دامنه شاخص $AELQ$ بین ۵۶/۴ تا ۸۳/۸ درصد که بطور متوسط ۷۳/۸ درصد و شاخص $PELQ$ بین ۷۷/۱ تا ۸۷/۷ درصد که بطور متوسط ۸۲/۸ درصد و شاخص CU بین ۸۱/۲ تا ۹۴/۱ درصد که بطور متوسط ۹۱/۴ درصد و شاخص DU بین ۸۸/۲ تا ۹۰/۸ درصد که بطور متوسط ۸۹/۳ درصد می باشد. برای سیستم B (با آبپاش *Nelson-R3000*) دامنه شاخص $AELQ$ بین ۶۴/۹ تا ۸۳/۷ درصد که بطور متوسط ۷۲/۹ درصد و شاخص $PELQ$ بین ۶۹/۴ تا ۸۴/۲ درصد که بطور متوسط ۷۷/۶ درصد و شاخص CU بین ۸۲/۸ تا ۹۳/۰ درصد که بطور متوسط ۸۸/۳ درصد و شاخص DU بین ۷۲/۷ تا ۸۸/۹ درصد که بطور متوسط ۸۱/۴ درصد می باشد. نتایج نشان می دهد که سیستم A نسبت به سیستم B از لحاظ طراحی بهتر ولی از لحاظ مدیریتی ضعیف می باشد.

واژه های کلیدی : سنتریوت، آبیاری بارانی، آبپاش، قزوین، ارزیابی.

۱. مقدمه

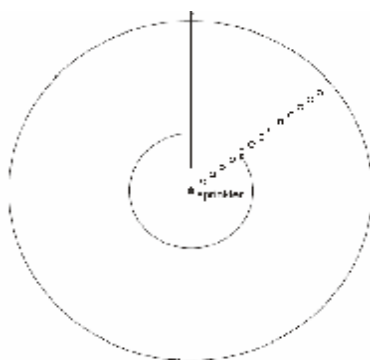
ایران سرزمینی خشک و نیمه خشک است. میانگین بارندگی سالانه در کشور حدود $1/3$ متوسط بارندگی در سطح جهان می باشد. با بررسی عوامل و امکانات بالقوه آب و خاک، ناچیز بودن بارش باران و محدودیت منابع آب در اغلب نقاط کشور لزوم امر آبیاری بطور واضح مشاهده می شود. از لحاظ علمی آبیاری کوششی است که انسان به عمل می آورد تا سیکل هیدرولوژی را در جهت تولید محصول کشاورزی بطور موضعی تغییر دهد [۲]. آبیاری به دو صورت ثقلی و تحت فشار صورت می گیرد. استفاده از سیستم های بارانی علاوه بر آسانتر کردن امر آبیاری و اتوماتیک کردن آن، وسیله ای است برای بالا بردن یکنواختی و راندمان کاربرد آب که در نهایت باعث صرفه جوئی در مصرف آب و افزایش تولید محصول می شود [۵]. در چند سال اخیر استفاده از سیستم های تحت فشار (سیستم های بارانی) در کشور توسعه یافته است. بنابراین پس از چند سال از اجرای سیستم های آبیاری و مقبول واقع شدن آن در بین کشاورزان بجا خواهد بود که به بررسی و ارزیابی عملکرد سیستم ها پرداخته شود تا نکات مثبت و منفی هر طرح هویدا و از این نکات برای طراحی و اجرا طرح های آینده استفاده گردد تا هر سیستم با اعمال یکسری مدیریتهای مناسب، بهینه شده و راندمان آبیاری بالا رود. در این راستا سیستم سنتریپوت هم از این امر مستثنی نبوده و جهت اقتصادی کردن این سیستم دو فاکتور اساسی در طراحی آن در نظر گرفته می شود. یکی از آنها افزایش طول لاترال سیستم، جهت حداکثر نمودن سطح خیس شده توسط هر دستگاه و در نتیجه کاهش هزینه اولیه سیستم نسبت به واحد سطح و عامل دیگر استفاده از آبپاش های مناسب می باشد. در این زمینه کارهای مختلفی صورت گرفته که به برخی از آنها اشاره می شود.

کینگ و کین کید (۱۹۹۸) عملکرد آبپاش های بکار رفته در دستگاه سنتریپوت را مورد ارزیابی قرار دادند و آبپاش با فشار کم (اسپریر) با آبپاش های بوم اختلاف مهمی در عملکرد محصول و افزایش راندمان کاربرد وجود نداشت و این به دلیل افزایش رواناب در سیستم گزارش شده است [۴]. تریمر و پرکینز (۱۹۸۷) در آمریکای شمالی راندمان آبیاری در دستگاه سنتریپوت را مورد تحقیق قرار دادند. در این تحقیق دو سیستم مورد بررسی قرار گرفتند و راندمان کاربرد آب را در دو سیستم بدست آوردند و همواره راندمان کاربرد بیش از ۹۰ درصد بیان شد [۷]. تویومانی، نریوم و رایبتر (۱۹۸۷) سرعت پخش و یکنواختی را در سیستم سنتریپوت با نازل های اسپریر مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه هشت سیستم مورد ارزیابی قرار گرفتند و ضریب یکنواختی کریستیانسن را همیشه بیشتر از ۸۰ درصد بدست آوردند [۶]. سهرابی و امیدوار (۱۳۸۱) عملکرد، مشکلات بهره برداری و فنی سیستم های بارانی دوار را در منطقه جوبین بررسی نموده علت مقادیر کم DU و $PELQ$ را عدم کارکرد صحیح سیستم و شرایط اقلیمی منطقه ذکر کردند [۱].

در این تحقیق دو دستگاه سنتریپوت تحت عنوان سیستم های A و B ، با آبپاش های متفاوت مورد مقایسه قرار گرفتند.

۲. مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه شرکت کشت و صنعت شریف آباد در شهرستان قزوین در آبادی شریف آباد و به موقعیت جغرافیائی $40^{\circ}46'10''$ شمالی و $42^{\circ}52'28''$ شرقی می باشد. بافت خاک در هر دو زمین در لایه سطحی لومی و در زیر ۸۰ سانتیمتری، به لایه ای با بافت سبک (شنی) در حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد می رسد. مشخصات عمومی دو سیستم در جدول (۱) آمده است. برای جمع آوری مقدار آب پخش شده از سیستم، از قوطی هایی به ارتفاع و قطر ۱۵ سانتیمتر استفاده شد. قوطی ها به فواصل ۹ متر از مرکز سیستم بصورت شعاعی تا انتهای بازو قرار می گرفتند. پارامترهای فشار در مرکز سیستم، دمای تر و خشک، سرعت باد و سرعت در انتهای سیستم در طول آزمایش اندازه گیری شدند. برای اندازه گیری SMD نمونه های رطوبت خاک از نزدیکی مرکز، $3/4$ مرکز و انتهای بازو برداشته شدند. در شکل (۱) شیوه استقرار قوطی ها نشان داده



شکل (۱)، شیوه استقرار قوطی ها

شده است. برای مقایسه عملکرد دو سیستم با آبیاش های ذکر شده در شکل (۲) شاخصهای ارزیابی ($PELQ, AELQ, CU, DU$) استفاده شده است که برای دو سیستم این شاخصها از روش *Merriam & Keller* محاسبه شدند.

جدول (۱) مشخصات عمومی دستگاه های مورد مطالعه

| نوع محصول | مساحت تحت آبیاری (ha) | طول بازو (m) | تعداد اسپن | فشار سیستم (pa) | تعداد آبیاش | نوع آبیاش |
|-------------|---------------------------|------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|
| یونجه | ۴۷ | ۳۸۷ | ۹ | ۱/۸-۲/۲ | ۱۳۲ | <i>Unirain SP4</i> |
| یونجه و ذرت | ۲۸ | ۳۰۰ | ۶ | ۱/۸-۲/۴۵ | ۱۰۲ | <i>Nelson-R3000</i> |

Nelson R-3000 *Unirain SP4*



شکل (۲) ، آبیاش های مورد آزمایش

۲-۱. یکنواختی توزیع آب (DU : *Distribution Uniformity*)

یکی از شاخصهای ارزیابی یکنواختی توزیع است که در آبیاری بارانی عبارتست از میانگین وزنی آب جمع شده در قوطی ها در ۱/۴ پائین به متوسط وزنی داده ها. این ضریب از رابطه زیر بدست می آید:

$$DU = \frac{\text{میانگین وزنی } 1/4 \text{ داده ها که کمترین مقدار را دارند}}{\text{میانگین وزنی کل}} \quad (1)$$

البته این نکته قابل توجه است که در سیستم سنتریوت میانگینها بصورت وزنی می باشند. برای محاسبه میانگین وزنی به این صورت عمل گردد که برای هر قوطی که در فاصله ای از مرکز قرار گرفته اند ضریبی در نظر گیرند که این ضریب معمولاً شماره ترتیب قرار گرفتن قوطی ها از مرکز می باشد. سپس مقادیر آب جمع شده در قوطی ها را در ضریب، ضرب کرده و مجموع آنها را بر مجموع ضرایب تقسیم نمایند یعنی:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2)$$

که در آن:

n : تعداد کل قوطی ها،

f : ضریب یا وزن مربوط به هر قوطی (در برخی موارد بجای شماره ترتیب قوطی ها از فاصله هر قوطی از مرکز سیستم استفاده می شود) و

x : حجم یا ارتفاع آب جمع شده در قوطی ها.

برای محاسبه جزء مخرج کسر (میانگین ۱/۴ پائین داده ها) نیز بدین صورت عمل می کنیم که داده ها را به ترتیب صعودی همراه ضرایبشان مرتب نموده (ملاک مرتب کردن صعودی، خود داده ها هستند)، سپس برای محاسبه میانگین، آن سری از داده های

مرتب شده را که مجموع ضرایب همراه آن برابر ۱/۴ مجموع کل ضرایب باشد، در نظر می‌گیرند. سپس میانگین وزنی داده های مشخص شده را از رابطه (۲) حساب نمایند. این مقدار Du محاسبه شده، یکنواختی توزیع داده هاست.

۲-۲. ضریب یکنواختی (CU : Coefficient Uniformity)

یکی دیگر از پارامتر های مهم که به نوعی یکنواختی توزیع را بیان می‌کند، ضریب یکنواختی است که برای محاسبه آن فرمول های متفاوتی ارائه شده است. این فرمول ها عبارتند از:

- ۱- ضریب یکنواختی کریستیانسن (CUc).
- ۲- ضریب یکنواختی هاوایی که توسط انجمن نیشکر هاوایی ارائه شده است.
- ۳- ضریب یکنواختی پیشنهاد شده توسط *Heerman & Hein* (۱۹۶۸) [۳].
- ۴- ضریب یکنواختی پیشنهاد شده توسط *Molle & Bremond* (۱۹۹۵) [۵].

فرمول *Heerman & Hein* به صورت زیر می باشد:

$$CU_h = \left[1 - \frac{\sum f_i x_i - \left(\frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \right)}{\sum f_i x_i} \right] \quad (3)$$

همچنین فرمول *Molle & Bremond* نیز به صورت زیر می باشد:

$$CU_v = \left[1 - \frac{1}{\frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}} \sqrt{\frac{\sum \left(f_i - \left(\frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \right) \right)^2}{\sum f_i}} \right] \quad (4)$$

در این مقاله مقادیر CU_h بوسیله فرمول *Heerman & Hein* و مقادیر CU_v و سایر شاخص های ارزیابی با توجه به پیشنهاد *Merriam* و *Keller* محاسبه شده اند [۸].

۲-۳. راندمان واقعی کاربرد ($AELQ$: Application Efficiency of Low Quarter)

به علت آنکه در رابطه راندمان فرض می شود تمام مزرعه به اندازه کافی آب خورده است، این راندمان نمی تواند معرف راندمان واقعی آبیاری باشد از رابطه دیگری بنام راندمان واقعی کاربرد استفاده می شود. این راندمان نشان دهنده این است که یک سیستم در مزرعه تا چه اندازه خوب کار می‌کند که غالباً برای ارزیابی یک سیستم آبیاری در مزرعه مورد نیاز می‌باشد. یا به تعبیر دیگر این شاخص مبین یکنواختی و کفایت آبیاری می‌باشد. برای محاسبه این راندمان از روابط زیر استفاده می شود:

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \quad (5)$$

D_q : میانگین ربع پائین آب جمع شده در قوطی ها،

D_r : مقدار آب پخش شده از آبپاش ها.

راندمان واقعی کاربرد مربوط به مدیریت سیستم می باشد.

۲-۴. راندمان پتانسیل کاربرد (*Potential Efficiency of Low Quarter: PELQ*)

این راندمان بیانگر پتانسیل راندمان کاربرد می باشد که مربوط به طراحی و اجراء خود سیستم می باشد. چنانچه مدیریت بهره برداری از روش آبیاری مناسب باشد و از نظرتامین آب مورد نیاز آبیاری مشکلی در مزرعه وجود نداشته باشد، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پائین (*PELQ*) حداکثر راندمان قابل تصور برای آن سیستم خواهد بود. این شاخص که مبین راندمان قابل حصول از سیستم می باشد توسط رابطه زیر محاسبه می شود:

$$PELQ = \frac{D_q}{D_r} \quad D_q < SMD \quad (۶)$$

$$PELQ = \frac{SMD}{D_r} \quad D_q > SMD \quad (۷)$$

مقدار کم *PELQ* نشان دهنده مشکلات طراحی و اجراء خواهد بود. تفاوت بین *PELQ* و *AELQ* بیانگر ضعف مدیریتی سیستم می باشد [۳].

۲-۵. راندمان کاربرد (*Application Efficiency: Ea*)

راندمان کاربرد آب عبارتست از نسبت آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه به آب اضافه شده به مزرعه. این پارامتر در سال ۱۹۸۰ توسط *Israelsen and Hansen* تعریف شده است [۹]. راندمان کاربرد با توجه به تعریف به صورت زیر محاسبه می شود:

$$E_a = \frac{(q_{fc} - q_i) r_b \times R_z}{\nabla} \times 100 \quad (۸)$$

$$\nabla = \bar{Q}t / A$$

که در آنها:

E_a : راندمان کاربرد آب (درصد)،

R_z : عمق توسعه ریشه،

q_{fc} و q_i : به ترتیب رطوبت‌های وزنی در ظرفیت زراعی خاک و قبل از آبیاری به درصد،

∇ : کل عمق آب تحویلی به قطعه تحت آبیاری در مزرعه،

\bar{Q} : متوسط دبی ورودی در حین آبیاری،

t : مدت زمان آبیاری،

A : سطح آبیاری شده.

در این مقاله مقادیر E_a به توجه به فرمول فوق محاسبه شده است .

۳. نتایج و بحث

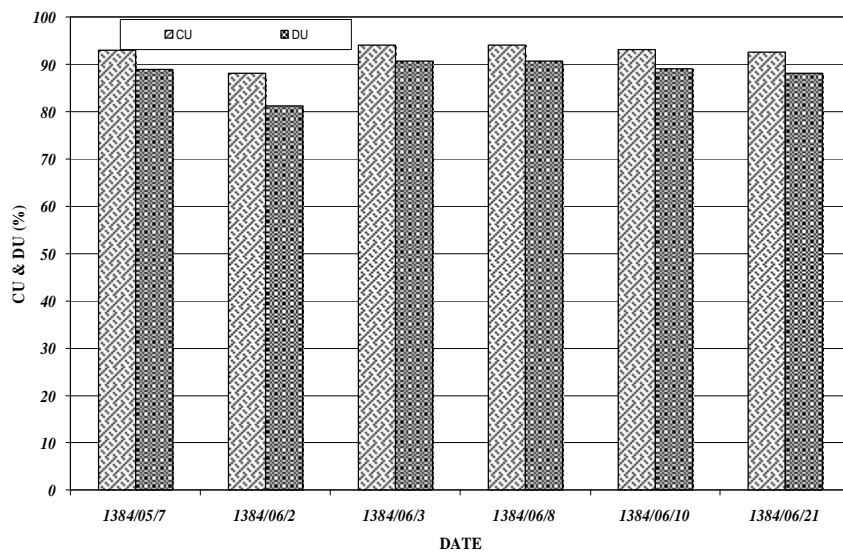
به منظور مقایسه بین دو سیستم A و B، پارامترهای Ea , DU , CU , $AELQ$, $PELQ$ محاسبه گردید که نتایج این محاسبات در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲) نتایج مقادیر محاسبه شده شاخص های ارزیابی

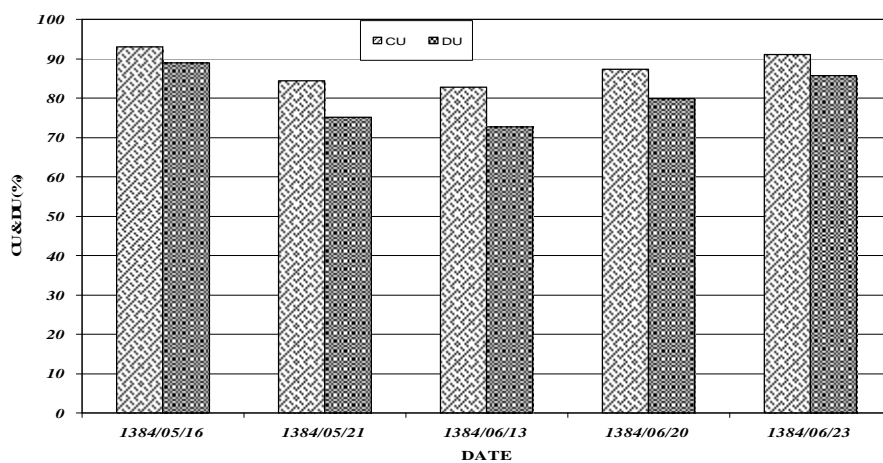
| شاخص های ارزیابی | | | | | | نوبت اندازه گیری | نوع محصول | سیستم با آبپاش | اسم مزرعه | ردیف |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|----------------|-----------|------|
| AELQ | PELQ | CU | Cuh | DU | Ea | | | | | |
| ۸۳/۷۴ | ۸۳/۷۴ | ۹۳/۰۲ | ۸۹/۴۹ | ۸۸/۹۳ | ۸۷/۶۰ | ۱ | یونجه و ذرت | Nelson-R3000 | شریف آباد | ۱ |
| ۶۴/۹۳ | ۷۰/۱۵ | ۸۴/۳۷ | ۸۵/۴۱ | ۷۵/۱۸ | ۷۸/۷۲ | ۲ | | | | |
| ۶۹/۴۰ | ۶۹/۴۰ | ۸۲/۷۹ | ۸۴/۵۳ | ۷۲/۶۸ | ۷۹/۰۵ | ۳ | | | | |
| ۷۰/۵۰ | ۷۴/۳۳ | ۸۷/۲۹ | ۸۷/۷۶ | ۷۹/۸۲ | ۸۱/۲۸ | ۴ | | | | |
| ۷۱/۷۰ | ۸۴/۲۳ | ۹۱/۲۶ | ۸۷/۸۸ | ۸۶/۱۳ | ۸۹/۲۵ | ۵ | | | | |
| ۷۷/۳۴ | ۸۳/۴۶ | ۹۰/۷۶ | ۸۹/۷۰ | ۸۵/۳۴ | ۸۸/۷۶ | ۶ | | | | |
| ۶۴/۹۳ | ۶۹/۴۰ | ۸۲/۷۹ | ۸۴/۵۳ | ۷۲/۶۸ | ۷۸/۷۲ | Min | | | | |
| ۸۳/۷۴ | ۸۴/۲۳ | ۹۳/۰۲ | ۸۹/۷۰ | ۸۸/۹۳ | ۸۹/۲۵ | Max | | | | |
| ۷۲/۹۳ | ۷۷/۵۵ | ۸۸/۲۵ | ۸۷/۴۶ | ۸۱/۳۵ | ۸۴/۱۱ | Average | | | | |
| ۸۳/۳۳ | ۸۳/۳۳ | ۹۳/۰۲ | ۸۹/۶۹ | ۸۸/۹۳ | ۸۷/۱۷ | ۱ | یونجه | Unirain Sp4 | شریف آباد | ۲ |
| ۶۳/۹۷ | ۷۷/۱۵ | ۸۱/۲۴ | ۸۹/۵۸ | ۸۸/۱۸ | ۸۳/۷۵ | ۲ | | | | |
| ۸۳/۸۳ | ۸۳/۸۳ | ۹۴/۱۵ | ۹۰/۷۷ | ۹۰/۷۲ | ۸۷/۰۱ | ۳ | | | | |
| ۵۶/۴۱ | ۸۷/۷۱ | ۹۴/۱۳ | ۸۹/۴۷ | ۹۰/۶۹ | ۹۱/۰۴ | ۴ | | | | |
| ۷۶/۲۲ | ۸۵/۷۷ | ۹۳/۱۲ | ۸۶/۶۳ | ۸۹/۰۷ | ۸۹/۶۶ | ۵ | | | | |
| ۷۸/۷۹ | ۷۸/۷۹ | ۹۲/۵۵ | ۸۷/۷۷ | ۸۸/۱۸ | ۸۲/۶۹ | ۶ | | | | |
| ۵۶/۴۱ | ۷۷/۱۵ | ۸۱/۲۴ | ۸۶/۶۳ | ۸۸/۱۸ | ۸۲/۶۹ | Min | | | | |
| ۸۳/۸۳ | ۸۷/۷۱ | ۹۴/۱۵ | ۹۰/۷۷ | ۹۰/۷۲ | ۹۱/۰۴ | Max | | | | |
| ۷۳/۷۶ | ۸۲/۷۶ | ۹۱/۳۷ | ۸۸/۹۹ | ۸۹/۲۹ | ۸۶/۸۹ | Average | | | | |

۳-۱. مقایسه DU و CU

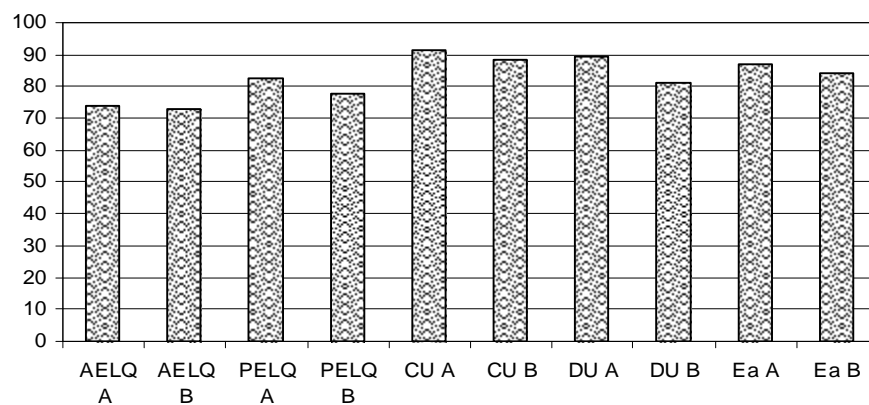
شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) و جدول (۲) نشان می‌دهند که مقادیر تغییرات یکنواختی توزیع (DU) در دو سیستم A و B به ترتیب (۸۸/۲ تا ۹۰/۷۲ درصد) و (۷۲/۷ تا ۸۸/۹۳ درصد) می‌باشد و متوسط آنها به ترتیب ۸۶/۹ و ۸۴/۱ درصد می‌باشد. مقدار ضریب یکنواختی (CU) در استفاده از سیستم A (۹۱/۴ درصد) نسبتاً بهتر از سیستم B (۸۸/۳ درصد) می‌باشد. تغییرات ضریب یکنواختی (CU) در دو سیستم A و B به ترتیب (۸۱/۲ تا ۹۴/۲ درصد) و (۸۲/۸ تا ۹۳/۰ درصد) می‌باشد و متوسط آنها به ترتیب ۹۱/۴ و ۸۸/۳ می‌باشد.



شکل (۳) تغییرات توزیع یکنواختی (CU و DU) در طول فصل اندازه‌گیری در مزرعه یونجه تحت آبیاری سیستم A



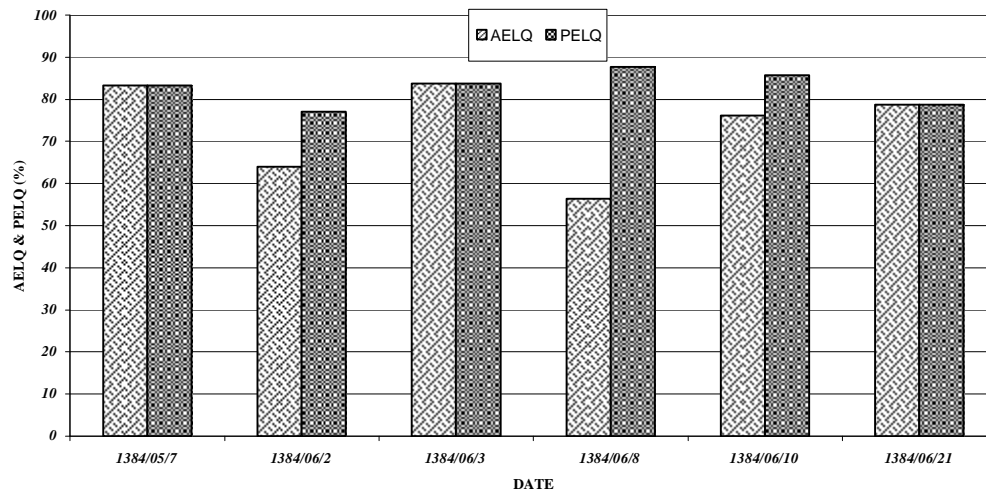
شکل (۴) تغییرات توزیع یکنواختی (CU و DU) در طول فصل اندازه‌گیری در مزرعه یونجه و ذرت تحت آبیاری سیستم B



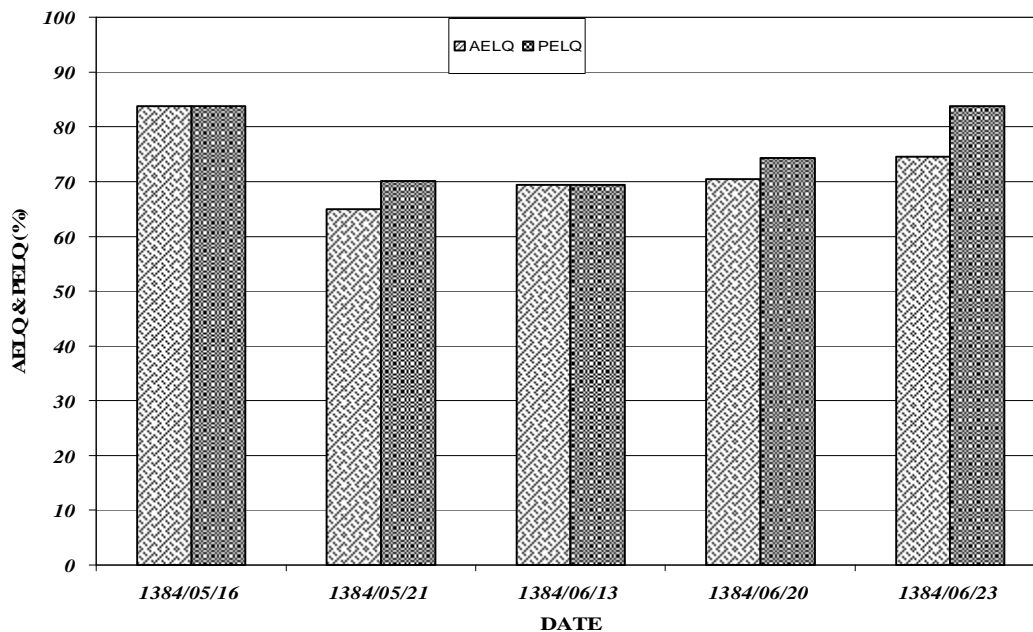
شکل (۵) متوسط مقادیر شاخص های ارزیابی و راندمان کاربرد در طول فصل اندازه‌گیری در دو سیستم A و B

۳-۲. مقایسه AEQ و PEQ

با توجه به شکل های (۵)، (۶) و (۷) هر چند مقادیر متوسط AEQ و PEQ در سیستم A بیشتر از سیستم B است، اما از آنجا که تفاوت مقادیر AEQ و PEQ نشان دهنده ضعف مدیریتی سیستم می باشد در نتیجه، سیستم B از مشکل مدیریتی کمتری نسبت به سیستم A برخوردار بوده و متوسط پتانسیل کاربرد آب در دو سیستم A و B به ترتیب $۷۷/۵$ و $۸۲/۸$ درصد و متوسط راندمان کاربرد آب هم $۷۳/۸$ و $۷۲/۹$ درصد می باشد.



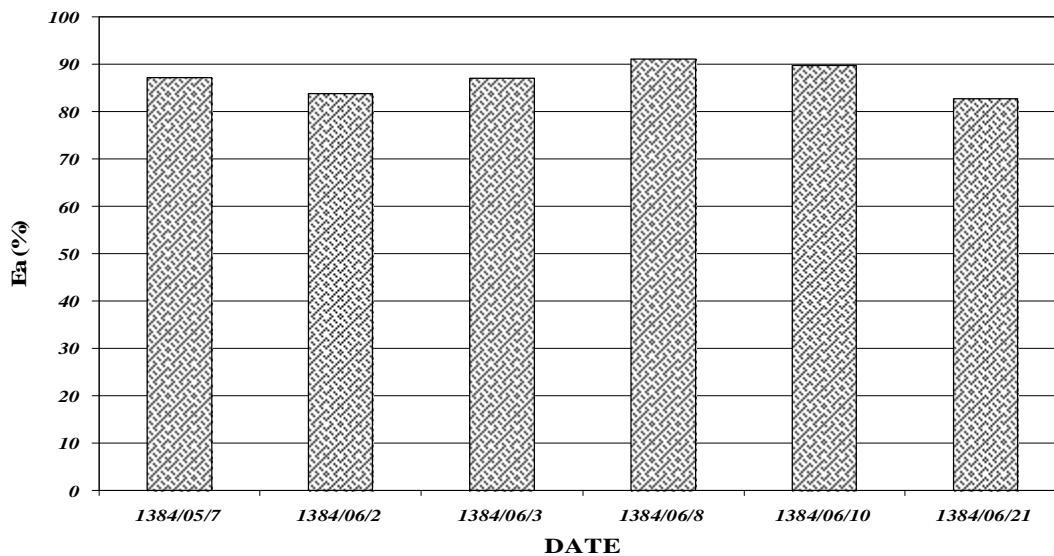
شکل (۶) تغییرات (PEQ و $AELQ$) در طول فصل اندازه‌گیری در مزرعه یونجه تحت آبیاری سیستم A



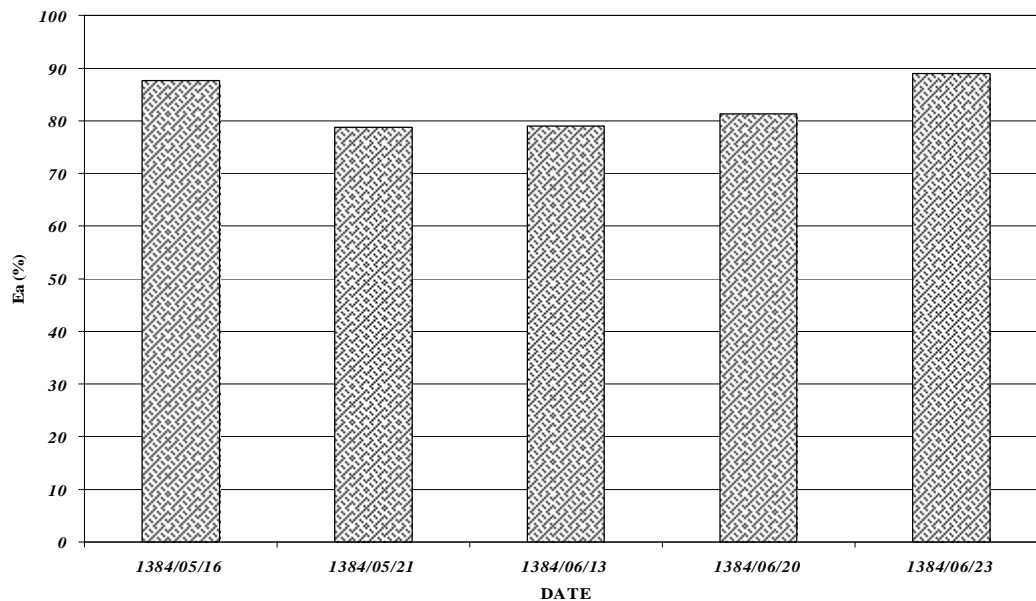
شکل (۷) تغییرات (PEQ و $AELQ$) در طول فصل اندازه‌گیری در مزرعه یونجه و ذرت تحت آبیاری سیستم B

۳-۳. مقایسه Ea

با مشاهده شکل های (۵)، (۸) و (۹) و جدول (۲) می توان پی برد که راندمان کاربرد آب در مزرعه تحت سیستم B بطور متوسط ۸۴/۱ درصد و تحت سیستم A ۸۶/۹ درصد می باشد که نشان دهنده راندمان خوب سیستم A نسبت به سیستم B می باشد. تغییرات راندمان کاربرد نیز به ترتیب در سیستم A و B برابر (۸۲/۷ تا ۹۱/۰ درصد) و (۷۸/۷ تا ۸۹/۳ درصد) می باشد.



شکل (۸) تغییرات راندمان کاربرد آب در طول فصل اندازه گیری در مزرعه یونجه تحت آبیاری سیستم A



شکل (۹) تغییرات راندمان کاربرد آب در طول فصل اندازه گیری در مزرعه یونجه و ذرت تحت آبیاری سیستم B

۴. نتیجه گیری

با توجه به مقایسات انجام شده، مقادیر متوسط شاخص های ارزیابی DU , CU , $AELQ$, $PELQ$ و Ea برای سیستم A ، به ترتیب $۸۹/۳$ ، $۹۱/۴$ ، $۷۳/۸$ و $۸۲/۸$ و $۸۶/۹$ درصد و برای سیستم B ، به ترتیب $۸۱/۴$ ، $۸۸/۳$ ، $۷۷/۶$ و $۸۴/۱$ درصد می باشد. نتایج نشان می دهد که تمامی شاخص های ارزیابی سیستم A ، از سیستم B بیشتر است. از آنجا که تفاضل مقادیر $PELQ$ و $AELQ$ بیانگر ضعف مدیریت می باشد، این مقدار در سیستم A ، $۹/۰$ درصد و در سیستم B ، $۴/۷$ درصد می باشد. این مقادیر نشان می دهند که سیستم A (با آبپاش $Unirain SP4$) نسبت به سیستم B (با آبپاش $Nelson-R3000$)، علی رغم بالا بودن یکنواختی توزیع، ضریب یکنواختی و راندمان کاربرد، از ضعف مدیریتی بیشتری برخوردار است.

منابع

- ۱- سهرابی، ت. و امیدوار، م. ۱۳۸۱. بررسی، مشکلات بهره برداری و فنی سیستم های آبیاری بارانی دوار در منطقه جوبین خراسان. مجله کشاورزی و عمران روستائی، دانشگاه تهران، ۴(۱):۵۲-۳۷.
- ۲- علیزاده، ا. ۱۳۷۸. اصول طراحی سیستم های آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۲۷ ص.
3. Jensen, M.E.(ED). 1983. *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE.
4. King, B.A., and Kinaid, D.C . 1998 . *Optimizing performance of pivot sprinkler packages*. *Agricultural Irrigation*. p28.
5. Tarjuelo, j.m., Montero, j., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J., and Ortega, J.F . 1999. *Analysis uniformity of sprinkler irrigation in a semi-arid area*. Elsevier Science. *Agricultural Water Management*. paper no.315-331.
6. Thooyamani, K., Norum, D.I., and Dubetz, S. 1987. *Application rate and uniformity under center pivot sprinkler systems using spray nozzles*. *Canadian Agricultural Engineering*. vol. 29(2):149-154.
7. Timmer, W.L. , and Perkins, W.A. 1987 . *Irrigation efficiency of center pivot sprinkler*. ASEA. paper no .87-2594.
8. USDA, National Resources Conservation Service. *Irrigation Guide: Irrigation Water Management*. Chapter 9, *National Engineering Handbook*.
9. Lary, and James, G. 1988. *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons.