نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره5 جلد 11، آذر - دی 1396، ص. 749-736

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 11, Des.-Jan. 2017, p. 736-749

ارزیابی سامانه‌های نوین آبیاری استان قم

خالد احمدالی[1*]، هادی رمضانی اعتدالی[2] و نازگل حسینی‌پژوه[3]

تاریخ دریافت: 1396/1/16 تاریخ پذیرش: 1396/3/20

چکیده

در این مطالعه به بررسی وضعیت سامانه‌های آبیاری تحت فشار استان قم پرداخته شد. با توجه به این‌که 81 درصد سامانه‌های اجرا شده تا سال 1395 موضعی و 19 درصد مابقی بارانی بودند بنابراین در این مطالعه 11 سامانه موضعی و سه سامانه بارانی (کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، ویلموو[4] و سنترپیوت[5]) مورد بررسی قرا گرفت. ابتدا به بررسی خصوصیات آب و خاک مزارع پرداخته شد سپس شاخص‌های ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین (PELQ)، بازده واقعی کاربرد آب در ربع پایین (AELQ) و کفایت آبیاری (AD_{irr}) محاسبه شد. نتایج نشان داد که درصد شاخص‌های مذکور به ترتیب برابر 74/6، 60/8، 62/6، 62/6 و 62 درصد برای کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، 57/6، 44/7، 76/1، 71/3 و 86 درصد برای ویلموو، 81، 63، 85، 85، و 71 درصد برای سنترپیوت و میانگین وزنی با وزن مساحت مزرعه برای سه شاخص DU، PELQ و AELQ به ترتیب 53/9، 45/3 و 53/9 درصد برای آبیاری موضعی بدست آمد. در نهایت با بررسی مسایل و مشکلات مشاهده شده در حین کار سامانه‌ها ملاحظه شد که اغلب مشکلات مربوط به فاز بهره‌برداری و برخی نیز مربوط به فازهای طراحی و اجرا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تحت‌فشار، آبیاری بارانی، آبیاری موضعی، بهره‌برداری

مقدمه

خشک‌سالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت است که با توجه به روند رو به رشد نیازهای بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشک‌سالی در سال‌های آتی حادتر نیز خواهد شد. به طوری‌که بر اساس گزارش موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) ، ایران برای حفظ وضع فعلی تا سال 2025 باید بتواند 112 درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید. در این شرایط یکی از راهکارهای موثر و عملی استفاده‌ی بهینه در مصرف آب است. در این میان مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی که بخش عمده‌ای از مصرف آب در ایران و جهان را شامل می‌شود، با تغییر روش آبیاری از سنتی به آبیاری تحت فشار می‌تواند بسیار موثر باشد (عباسی و همکاران، 1394). از طرفی اجرای موفق سامانه‌های آبیاری تحت فشار در یک منطقه تابع عواملی از قبیل شرایط اقلیمی، مشخصات آب، وضعیت توپوگرافی، مشخصات خاک، شرایط اجتماعی و فرهنگی، وضعیت نیروی انسانی، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری و هزینه‌های اجرایی می‌باشد. میزان تاثیر و نوع محدودیتی که هر یک از این پارامترها در اجرای روش آبیاری ایجاد می‌کند ممکن است منجر به موفقیت و یا عدم موفقیت در اجرای طرح گردد (ابراهیمی، 1385). برای تعیین وضعیت یک سامانه آبیاری، لازم است که این سامانه ارزیابی شود. به‌طور کلی تحلیل هر سامانه آبیاری را که بر اندازه‌گیری در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سامانه استوار باشد، ارزیابی می‌نامند. در ارزیابی سامانه‌های آبیاری باید شاخص‌های مختلف بازده، یکنواختی و کفایت همزمان مورد بحث و بررسی قرار گیرد و اظهار نظر در رابطه با وضعیت سامانه با در نظر گرفتن همه‌ی این شاخص‌ها صورت گیرد. در رابطه با ارزیابی سامانه‌های آبیاری مطالعات داخلی و خارجی زیادی انجام شده که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

فاریابی و همکاران (1389) در بررسی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهگلان مقادیر ضریب یکنواختی کریستیان سن، یکنواختی توزیع، بازده کاربرد آب و پتانسیل بازده کاربرد آب در ربع پایین به ترتیب 60/00، 50/60، 43/80 و 44/84 درصد به دست آوردند، بررسی‌های انجام شده نشان داد استفاده همزمان از پاشنده زیاد و کاربرد پاشنده‌هایی با مشخصات و مدل‌های

1- استادیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
2- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
3- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی
(*- نویسنده مسئول: (Email: khahmadauli@ut.ac.ir
4- Wheel move
5- Center pivot

متفاوت، طراحی و اجرای نامناسب از دلایل اصلی پایین بودن شاخص‌های ارزیابی است. سی و سه مرده و بایزیدی (1390) سامانه‌های آبیاری کلاسیک ثابت در مهاباد را مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج نشان داد که میانگین ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، یکنواختی توزیع، بازده کاربرد آب و بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین به ترتیب 66/40، 52/20، 45/8 و 45/8 درصد است. این محققین سرعت باد و ضعف طراحی را دلایل اصلی پایین بودن یکنواختی توزیع و بازده آبیاری مطرح کردند. میخک‌بیرانوند و همکاران (1393) به ارزیابی چهار سامانه آبیاری کلاسیک ثابت آبپاش متحرک در خرم‌آباد پرداختند. بازده کاربرد، بازده ترکیبی، بازده پتانسیل کاربرد، بازده واقعی کاربرد آب و کفایت آبیاری در سامانه‌های کلاسیک ثابت به‌ترتیب 56/82، 59/86، 47/21، 45/71 و 81/64 درصد محاسبه شد. متوسط تلفات پاششی و نفوذ عمقی به ترتیب در سامانه‌های کلاسیک ثابت 13/2 و 30/09 درصد به دست آمد.

نوشادی و قائمی (1391) در مطالعه‌ای به بررسی فنی و هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس بر روی 124 باغ و مزرعه دارای سامانه آبیاری قطره‌ای پرداختند. میانگین یکنواختی توزیع آب و بازده واقعی سامانه به ترتیب 75 و 72 درصد به دست آمد، همچنین در 72 درصد از طرح مورد مطالعه دبی گسیلنده‌ها کم‌تر از 3 لیتر در ثانیه بود. ولی و همکاران (1394) در مطالعه‌ای 5 سامانه آبیاری موضعی در شبکه آبیاری سد ستارخان را مورد ارزیابی فنی قرار دادند. نتایج نشان داد که یکنواختی ریزش سامانه‌ها از 48/1 تا 82/8 درصد متغیر بود که بر این اساس همه‌ی سامانه‌ها در محدوده‌ی ضعیف تا خوب قرار گرفتند. بازده کاربرد چارک پایین و بازده پتانسیل کاربرد چارک پایین به ترتیب بین 52/7 تا 80 و 43/3 تا 74/5 درصد متغیر بود که با توجه به این شاخص‌ها نیز عملکرد اکثر سامانه‌های مورد بررسی ضعیف گزارش شد.

سهرابی و اصیل منش (1377) با بررسی عوامل ارزیابی سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای اراضی وزارت کشاورزی در کرج، متوسط یکنواختی توزیع آب، بازده پتانسیل آب در ربع پایین، بازده کاربرد آب در ربع پایین را به ترتیب 84، 79 و 75/8 درصد محاسبه نمودند و نشان دادند که سامانه آبیاری مذکور از کارایی مناسبی برخوردار نیست. در ضمن مقادیر نسبتا کم توزیع یکنواختی و بازده‌های کاربرد و پتانسیل ربع پایین به علت ناسازگاری شرایط کارکرد و طراحی سامانه بوده است. دچمی و همکاران پس از ارزیابی 32 سامانه آبیاری بارانی، شامل سامانه‌های کلاسیک ثابت، عقربه‌ای و متحرک خطی، گزارش کردند که میانگین ضریب یکنواختی کریستیانسن برای این سامانه‌ها به ترتیب 68، 75/5 و 80 درصد است. آن‌ها همچنین گزارش نمودند که ضریب یکنواختی کریستیانسن بر اثر وزش باد در سامانه‌های کلاسیک ثابت با شدت بیش‌تری نسبت به دو سامانه دیگر کاهش می‌یابد (Dechmi et al., 2003). نتیجه مطالعه فروغی و قائمی (1386) به منظور تعیین تلفات تبخیر و بادبردگی در دستگاه آبیاری بارانی سنترپیوت در منطقه باجگاه نشان داد که متوسط یکنواختی توزیع در طول فصل زراعی 63 درصد و میانگین بازده پتانسیل کاربرد آب 55 درصد به‌دست آمد، که نشان از وضعیت نامناسب سامانه بود. ثنایی و همکاران (1393) با مقایسه سامانه‌های آبیاری سنترپیوت در شهرستان‌های بردسیر و راین استان کرمان نتیجه گرفتند که سامانه‌های سنترپیوت بردسیر نسبت به سامانه‌های راین، به علت نزدیک بودن بازده واقعی کاربرد آب با بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین دارای مدیریت بهتری است. اوزا و همکاران به بررسی تاثیر سیکل‌های حرکت و توقف سامانه سنترپیوت بر روی شاخص‌های ارزیابی و همچنین تاثیر باد بر روی این پارامترها پرداخت. نتایج نشان داد با کاهش زمان توقف دستگاه عملکرد سامانه بهبود می‌یابد. همچنین افزایش سرعت باد ابتدا باعث کاهش عملکرد سامانه می‌شود، ولی افزایش سرعت باد به بیش‌تر از 2 متر بر ثانیه مقدار ضرایب یکنواختی مجددا افزایش می‌یابد (Ouazaa et al., 2015). حمدی و همکاران (1395) در ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری سنترپیوت در کشت و صنعت مغان متوسط ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، یکنواختی توزیع، بازده کاربرد آب و بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین و تلفات تبخیر و بادبردگی را به ترتیب 47/50، 60/40، 50/10، 50/10 و 5/32 درصد ارایه دادند، با توجه به نتایج کار، دلیل کارایی نامناسب این سامانه‌ها، بیش‌تر مربوط به مسایل مدیریتی و اشکالات فنی بوده است که مورد توجه قرار نگرفت.

تحقیقاتی که در زمینه ارزیابی سامانه‌های تحت فشار صورت گرفته عمدتا یک نوع سامانه را مورد مطالعه قرار داده‌اند و تحقیق جامعی که همه‌ی سامانه‌های موجود در یک استان را مورد بررسی قرار داده باشد کم‌تر صورت گرفته است. از این گذشته در اکثر مطالعات فقط یک سری شاخص‌ها اندازه‌گیری شده است و بر اساس شاخص‌های فوق در رابطه با وضعیت یک سامانه اظهار نظر شده است در حالی‌که در این مطالعه علاوه بر بررسی خصوصیات آب و خاک مزارع، همه‌ی شاخص‌های ارزیابی شامل شاخص‌های بازده، یکنواختی، کفایت و نیز آگاهی بهره‌برداری از نحوه‌ی کار با سامانه و مسایل و مشکلات مشاهده شده در حین کار سامانه‌ها که قابلیت کمی کردن ندارند، ولی در تعیین وضعیت یک سامانه موثرند، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

استان قم، در مجاورت کویر مرکزی ایران در جهت غرب آن واقع شده و وسعت آن 11316 کیلومترمربع در طول جغرافیایی 50 درجه، 8

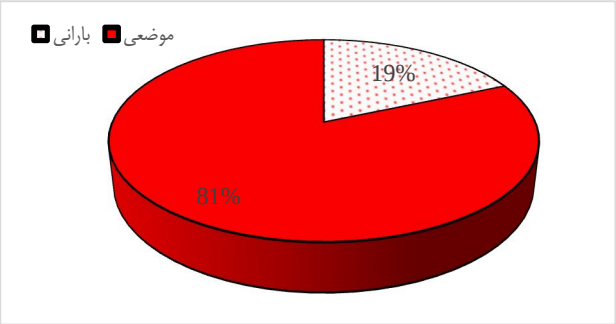
دقیقه و 52 ثانیه تا 52 درجه، 8 دقیقه و 25 ثانیه نسبت به نصف النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی 34 درجه، 8 دقیقه و 10 ثانیه تا 35 درجه، 9 دقیقه و 10 ثانیه نسبت به خط استوا قرار گرفته است. حدود 25 درصد از وسعت استان را مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای تشکیل داده و مابقی به صورت دشت می‌باشد. با توجه به اختلاف زیاد ارتفاع در استان (از 800 تا 3330 متر) دارای آب و هوای متفاوت و اقلیم‌های مختلف (از اقلیم خشک کویری گرفته تا معتدل و کوهستانی) می‌باشد. خلاصه اطلاعات مربوط به میانگین دمای ماهانه، میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای حداقل (درجه سانتی-گراد)، سرعت باد (متر بر ثانیه) و میانگین بارش (میلی‌متر) در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- پارامترهای هواشناسی قم (1330 تا 1393)

پارامتر / ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین دمای ماهانه	18/5	24/4	30/1	32/7	31/2	26/1	19/2	11/3	5/7	4/3	7/4	12/2
میانگین دمای حداقل	32/4	37/4	41/7	44/0	42/8	39/4	33/7	25/3	18/4	17/0	21/0	26/2
میانگین دمای حداقل	4/2	10/1	15/7	19/3	16/9	11/4	5/5	-1/9	-5/2	-6/7	-4/2	-1/6
سرعت باد	2/8	2/8	2/8	2/9	2/4	1/9	1/7	1/5	1/4	1/7	2/3	2/6
میانگین بارش	20/1	9/5	2/0	0/7	0/2	0/7	7/1	14/8	17/1	21/5	15/4	24/7

مشخصات آب، خاک و سامانه‌های مزارع ارزیابی شده

این تحقیق به منظور بررسی وضعیت و ارزیابی سامانه‌های نوین آبیاری در استان قم انجام شد. با توجه به آمار به دست آمده از معاونت آب و خاک و صنایع وزارت جهاد کشاورزی، دفتر توسعه سامانه‌های نوین آبیاری، میزان سطح اراضی استان قم که زیر پوشش سامانه‌های آبیاری بارانی و موضعی تا پایان دی‌ماه 1395 به ترتیب برابر 1527و 6726 هکتار است. نسبت سامانه‌های نوین آبیاری اجرا شده در استان قم تا دی‌ماه 1395 در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- وضعیت سامانه‌های نوین آبیاری اجرا شده در استان قم تا دی‌ماه 1395

با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که عمده‌ی سامانه‌های اجرا شده در استان قم موضعی هستند. بر همین اساس در این تحقیق از سامانه‌های موضعی استان، 11 طرح و از سامانه‌های بارانی سه طرح (یک سامانه سنترپیوت، یک سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و یک سامانه ویلموو) برای ارزیابی انتخاب گردید و در بازه‌ی زمانی 1394 تا 1395 عملیات میدانی ارزیابی انجام گرفت. خصوصیات فیزیکی آب و خاک مزارع و مشخصات کلی سامانه‌های مورد مطالعه در جدول‌های 2، 3 و 4 آمده است.

بر اساس جدول 2 ملاحظه می‌شود کلاس آب مورد استفاده در اکثر سامانه‌ها دارای شوری بسیار بالا و قلیاییت بالا است. آب مورد استفاده در اکثر موارد به لحاظ نفوذ بدون محدودیت هستند. بر اساس شاخص اشباع لانژیلر[1] (LSI) از 11 سامانه موضعی 7 مورد احتمال رسوب کربنات کلسیم و در نتیجه احتمال گرفتگی گسیلنده‌ها وجود دارد. از نظر تناسب سامانه سنترپیوت برای مزرعه (بافت لوم‌رسی) با توجه به (Merriam and Keller., 1978)، در محدوده خوب قرار دارد.

با توجه به جدول 3 ملاحظه می‌شود که متوسط طول لترال در سامانه‌های مورد بررسی 40 متر است که این یک عدد مناسب برای حصول یکنواختی بالا در سامانه می‌تواند باشد. پنج سامانه از 11 سامانه مورد بررسی دارای آرایش خطی دو ردیفه و شش سامانه دارای آرایش خطی یک ردیفه هستند.

1- Langelier Saturation Index

جدول 2- خصوصیات فیزیکی خاک و کلاس آب در اراضی مورد مطالعه

نوع سامانه	کد مزرعه	مساحت (هکتار)	بافت خاک	کلاس آب	اثر بر جذب آب توسط گیاه	تاثیر بر نفوذ آب در خاک	مقدار LSI	نوع محصول
موضعی	L1	55	رسی‌سیلتی	C4S3	کم تا متوسط	بدون محدودیت	-0/73	پسته
موضعی	L2	74	لومی‌شنی	C4S3	زیاد	بدون محدودیت	-1/2	پسته و انار
موضعی	L3	17	لومی	C4S3	زیاد	زیاد	0/10	پسته
موضعی	L4	40	لومی‌شنی	C3S1	کم تا متوسط	بدون محدودیت	0/18	انگور
موضعی	L5	17	لومی‌رسی	C3S1	کم تا متوسط	کم تا متوسط	0/32	انگور و انار
موضعی	L6	16	شنی‌لومی	C3S2	کم تا متوسط	بدون محدودیت	-0/35	زیتون
موضعی	L7	31	رسی‌لومی	C3S3	کم تا متوسط	کم تا متوسط	-1/4	پسته
موضعی	L8	8	شنی‌لومی	C3S2	کم تا متوسط	بدون محدودیت	0/25	انار و انگور
موضعی	L9	10	شنی‌لومی	C4S4	زیاد	بدون محدودیت	0/67	انار و زیتون
موضعی	L10	8	لومی‌شنی	C4S2	کم تا متوسط	بدون محدودیت	0/93	انار و پسته
موضعی	L11	15	لومی‌رسی	C4S4	زیاد	بدون محدودیت	0/44	انار
ویلموو	W	57/7	لوم‌رسی	C4S2	کم تا متوسط	بدون محدودیت	-	یونجه
ک ث آ م	S	9	لوم‌شنی	C2S1	کم تا متوسط	بدون محدودیت	-	یونجه
سنترپیوت	C	29	لوم‌رسی	C4S1	کم تا متوسط	بدون محدودیت	-	گندم

*ک ث آ م: کلاسیک ثابت آبپاش متحرک

جدول 3- مشخصات کلی مزارع و سامانه‌های مورد ارزیابی

کد سامانه	فاصله درختان (متر)	فاصله ردیف‌ها (متر)	نوع گسیلنده	تعداد گسیلنده برای هر درخت	طول لترال (متر)	آرایش لترال	تعداد مانیفولد[1] در حال کار	دور آبیاری (روز)
L1	2	6	خ ت	4	45	خطی دو ردیفه	9	16
L2	2	7	معمولی	1	50	خطی یک ردیفه	2	30
L3	3	8	خ ت	6	26	خطی دو ردیفه	13	12 - 6
L4	2	6	خ ت	4	35	خطی دو ردیفه	13	8
L5	3	4	خ ت	1	35	خطی یک ردیفه	4	3
L6	3	4	اسپاگتی	2	45	خطی یک ردیفه	8	5
L7	3	5	خ ت	2	50	خطی یک ردیفه	8	12 - 8
L8	2	4	معمولی	1	30	خطی یک ردیفه	1	6
L9	4	4/5	خ ت	5	45	خطی دو ردیفه	2	7
L10	2	4/5	معمولی	5	35	خطی یک ردیفه	1	4
L11	3	4	خ ت	2	45	خطی دو ردیفه	4	5

خ ت: خودشوینده و تنظیم‌شونده

1- Manifold

جدول 4- مشخصات و پارامترهای اندازه‌گیری شده سامانه‌های کلاسیک ثابت و ویلموو ارزیابی شده

کد مزرعه	تعداد پاشنده در حال کار	مدل پاشنده	مدت آبیاری (ساعت)	$S_l \times S_m$ (متر در متر)	متوسط فشار (متر آب)	متوسط دبی (لیتر بر ثانیه)	شدت پخش (میلی‌متر بر ساعت)
S	38	Ambo	5	22×22	31/30	1/73	4/40
W	18	VYR 33 وVYR 35	4/5	12×15	32/00	0/58	0/58

با توجه به جدول 4 ملاحظه می‌شود که در سامانه کلاسیک آبپاش متحرک از پاشنده مدل Ambo استفاده شده در حالی‌که در سامانه ویلموو از یک نوع پاشنده با دو اندازه‌ی متفاوت (VYR 33 وVYR 35) استفاده شده که این مسئله می‌تواند یکنواختی پخش را پایین بیاورد. دستگاه سنترپیوت مورد ارزیابی قرار گرفت دارای 6 اسپن 49 متری با یک بالچه‌ی انتهایی به طول 9 متر بود که نوع پاشنده مورد استفاده R3000 ساخت شرکت نلسون[1] بود و میزان فشار در ابتدای دستگاه، 10 متر آب اندازه‌گیری شد. بررسی‌ها نشان داد که نازلینگ دستگاه در کمال دقت انجام شده و سامانه به این لحاظ در بهترین وضعیت ممکن است. مقدار حجم آب خروجی از پاشنده‌های مختلف در طول دستگاه در مدت زمان مشخص اندازه‌گیری شد و دبی‌های مربوطه محاسبه گردید. به دلیل اینکه دبی مورد نیاز در طول لوله سنترپیوت متناسب با فاصله از مرکز افزایش می‌یابد، تمهیدات مختلفی از جمله اینکه فاصله پاشنده‌ها مساوی باشد ولی دبی نازل با دور شدن از نقطه پیوت افزایش یابد. در سامانه مورد ارزیابی از این رویکرد برای تامین دبی استفاده شده است. روند تغییرات دبی در طول دستگاه در شکل 2 نشان داده شده است.

همان طورکه در شکل 2 ملاحظه می‌شود میزان دبی با افزایش فاصله از محور مرکزی افزایش می‌یابد. در یک سامانه ایده‌آل روند افزایش دبی یک روند صعودی و با نوسانات بسیار کم صورت می‌گیرد. در سامانه C این روند افزایش دبی با نوسانات نسبتا شدید در برخی نقاط نظیر اسپن دوم، اسپن سوم، اسپن چهارم و اوایل اسپن ششم همچنین در اورهنگ دستگاه مشاهده شد. کاهش ناگهانی دبی به دلیل گرفتگی پاشنده‌ها در محل مورد نظر است. پاشنده‌ها نیاز به بازدید دارند و طی فصل آبیاری باید مرتب سرکشی شود و در صورت گرفتگی، اقدام به تمیز نمودن پاشنده شود.

شاخص‌های ارزیابی

پس از جمع‌آوری اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، شاخص‌های ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع آب (DU)، بازده پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQ) و بازده واقعی کاربرد ربع پایین (AELQ) و کفایت آبیاری (AD_{irr}) برای هریک از مزارع آزمایشی به شرح زیر محاسبه گردید.

ضریب یکنواختی

برای محاسبه‌ی ضریب یکنواختی از ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (CU_c) برای سامانه‌های ویلموو و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و برای سامانه سنترپیوت از ضریب یکنواختی هرمن و هین (CU_H) از معادله زیر محاسبه گردید (Merriam and Keller, 1978; Heermann and Hein, 1968):

$$CU_c = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|D_i - \overline{D}\right|}{n \times \overline{D}}\right] \times 100 \qquad (1)$$

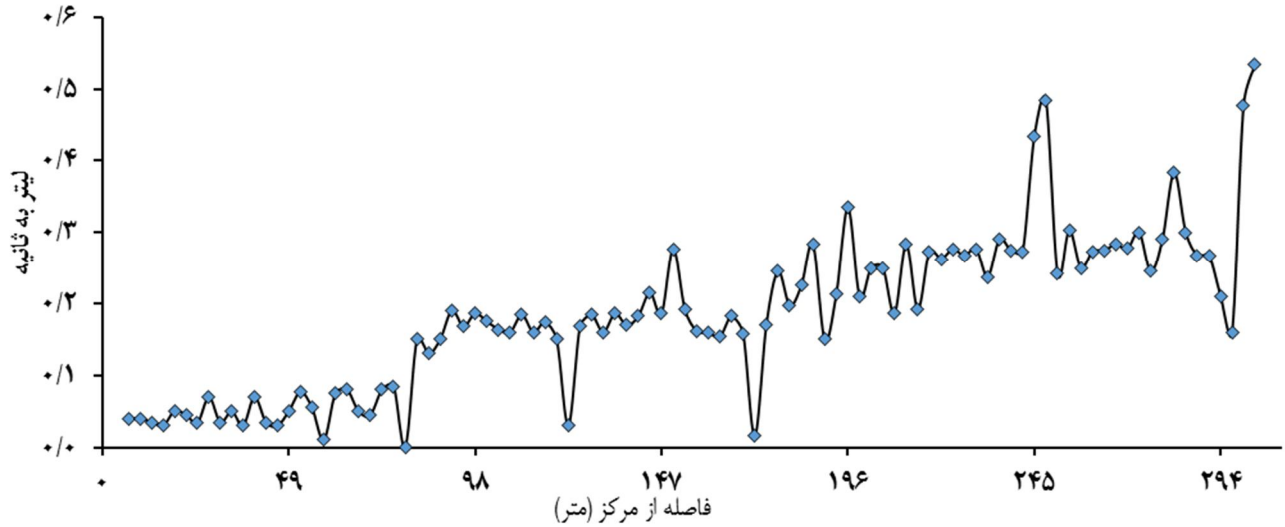
$$CU_H = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[r_i \left| v_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i r_i}{\sum_{i=1}^{n} r_i}\right|\right]}{\sum_{i=1}^{n} v_i r_i}\right] \times 100 \qquad (2)$$

که در آن‌ها CU_c: ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (درصد)، n : تعداد قوطی، $\overline{D}$: میانگین عمق آب جمع شده درقوطی‌ها (میلی‌متر)، D_i: عمق آب در هر یک از قوطی‌های اندازه‌گیری در قوطی iاُم (میلی‌متر)، CU_H: ضریب یکنواختی هرمن و هین (درصد)، v_i: حجم یا عمق آب جمع شده در قوطی iاُم و r_i: فاصله قوطی iاُم از نقطه لولا (مرکز) است.

یکنواختی توزیع آب

برای محاسبه‌ی یکنواختی توزیع در سامانه‌های سنترپیوت از یکنواختی توزیع شعاعی (DU_r) و در سامانه‌های کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و ویلموو از یکنواختی توزیع خطی (DU) استفاده شد (Merriam and Keller., 1978; Keller and Blisner., 1990):

1- Nelson



شکل 2- روند تغییرات دبی در طول دستگاه سنترپیوت

$$DU = \frac{\overline{D}_{lq}}{\overline{D}} \times 100 \quad (3)$$

$$DU_r = \frac{\sum lowquarter \quad v_i r_i}{\sum lowquarter \quad r_i} \times 100 \quad (4)$$

که در آن DU: یکنواختی توزیع آب (درصد)، DU_r: یکنواختی توزیع شعاعی، $\overline{D}_{lq}$: میانگین پایین‌ترین ربع نمونه‌ها (میلی‌متر) و $\overline{D}$: میانگین نمونه‌ها (میلی‌متر) است.

یکنواختی ریزش

در سامانه‌های موضعی برای تعیین بازده سیستم و برآورد عمق ناخالص آب آبیاری، دانستن میزان یکنواختی ریزش سیستم (EU_s) ضروری است. یکنواختی ریزش سیستم (EU_s) تعمیم یافته‌ی یکنواختی ریزش آب در مانیفولد مورد آزمایش (EU_t) با استفاده از فاکتور کاهش بازده (ERF) است که از رابطه‌های 5 تا 7 تعیین می‌گردد (Merriam and Keller., 1978):

$$EU_t = \frac{Q_n}{Q_m} \times 100 \quad (5)$$

$$EU_s = ERF \times EU_t \quad (6)$$

$$ERF = \frac{average \quad MLIP + 1.5 \times \min imum \quad MLIP}{2.5 \times average \quad MLIP} \times 100 \quad (7)$$

که در آن EU_t: یکنواختی ریزش در ناحیه مانیفولد مورد آزمایش (درصد)، Q_n: حداقل میزان دبی در ناحیه مانیفولد مورد آزمایش (لیتر بر ساعت) و Q_m: آبدهی متوسط کل گسیلنده‌ها در ناحیه مانیفولد مورد آزمایش (لیتر بر ساعت)، minimum MLIP: حداقل فشار ورودی به لترال در طول مانیفولد مورد ارزیابی (متر آب) و average MLIP: متوسط حداقل فشارهای ورودی لترال‌ها در مانیفولدهای در حال کار (متر آب) است. برای سامانه‌هایی که برای یک فصل یا بیش‌تر در حال کار بوده‌اند، مقادیر آماره یکنواختی ریزش سیستم (EU_s) به این صورت است که اگر مقدار این آماره کم‌تر از 70 درصد باشد سامانه ضعیف، چنان‌چه بین 70 تا 80 درصد باشد نسبتا خوب، اگر بین 80 تا 90 درصد باشد، سامانه خوب و اگر بیش‌تر از 90 درصد باشد، وضعیت سامانه عالی است.

بازده واقعی کاربرد آب در ربع پایین

برای تعیین بازده واقعی کاربرد آب در ربع پایین در سامانه‌های بارانی ($AELQ$) و در سامانه موضعی ($AELQ_m$) از رابطه‌های 8 و 9 استفاده شد (Merriam and Keller., 1978):

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (8)$$

$$AELQ_m = ERF \times EU_t \quad (9)$$

که در آن D_r: متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر) می‌باشد. اگر متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه در یک چهارم کم‌ترین مقادیر اندازه‌گیری شده از کمبود رطوبت خاک (SMD) بیش‌تر باشد، در معادله فوق به جای D_q مقدار SMD قرار می‌گیرد.

بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین

این شاخص عملکرد سامانه را تحت شرایط خوب مدیریتی نشان می‌دهد. برای محاسبه بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین در سامانه‌های بارانی ($PELQ$) و موضعی ($PELQ_m$) از رابطه‌های 10 و 11 استفاده شد (Merriam and Keller., 1978):

$$PELQ = \frac{\overline{D}_{lqMAD}}{\overline{D}_{MAD}} \times 100 \quad (10)$$

$$PELQ_m = 0.9 \times AELQ_m \quad (11)$$

که $\overline{D}_{lqMAD}$: متوسط یک‌چهارم کم‌ترین عمق‌های آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها زمانی که برابر با MAD باشد (میلی‌متر) و $\overline{D}_{MAD}$: متوسط عمق آب به کاربرده شده زمانی که SMD برابر MAD است (میلی‌متر). MAD: کمبود رطوبت مجاز مدیریتی است که براساس نوع گیاه و شرایط محیطی انتخاب می‌شود.

کفایت آبیاری

در طراحی سامانه‌های آبیاری بارانی علاوه بر بالا بودن بازده و یکنواختی توزیع آب، کفایت آبیاری نیز حایز اهمیت است. کفایت آبیاری (AD_{irr}) عبارت است از درصدی از سطح مزرعه که به اندازه مورد نیاز و یا بیش‌تر آبیاری می‌شود تا کمیت و کیفیت تولید محصول در سطح سود ده قرار گیرد (سهرابی و پایدار، 1394). الگوی توزیع فراوانی تجمعی برای تعیین کفایت آبیاری از روی توزیع فراوانی مقدار پخش آب در قوطی‌ها در مقابل درصد تجمعی مساحت مزرعه برای محصول مورد نظر ترسیم گردید و با توجه به مقدار عمق آب آبیاری خالص مورد نیاز محصول درصد کفایت تعیین شد.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج ارزیابی سامانه‌های مختلف مورد مطالعه در استان قم به تفکیک بارانی و موضعی ذکر می‌گردد.

سامانه‌های آبیاری بارانی

پس از انجام عملیات میدانی و تهیه‌ی داده‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی شاخص‌های ذکر شده برای ارزیابی سیستم‌های مختلف، محاسبات مربوط به هر شاخص انجام شد. نتیجه‌ی شاخص‌های محاسبه شده برای ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی استان قم شامل سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، ویلموو و سنترپیوت در جدول 5 آمده است. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که کفایت آبیاری در همه‌ی سامانه‌ها کم‌تر از 100 درصد به دست آمد و این بدان معنی است که در همه‌ی سامانه‌ها در بخش‌هایی از مزرعه کم‌آبیاری اتفاق افتاده است. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کم آبیاری به ترتیب در سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک (در 38 درصد از سطح مزرعه) و در ویلموو (18 درصد از سطح مزرعه) اتفاق افتاده است. در سامانه سنترپیوت در 29 درصد از سطح مزرعه اتفاق افتاده است. میزان درصد کفایت توصیه شده برای آبیاری زراعت‌ها 75 است (علیزاده، 1393) که ملاحظه می‌شود بر این اساس فقط سامانه ویلموو در وضعیت مناسبی قرار دارد و در مابقی سامانه‌ها میزان کفایت کم‌تر از میزان توصیه شده است. این مسئله می‌تواند به دلیل ضعف مدیریتی، عدم تطبیق مدت زمان آبیاری و یا سرعت حرکت دستگاه با نیاز آبیاری و یا سرعت باد باشد.

مقدار ضریب یکنواختی کریستیان‌سن محاسبه شده برای سامانه‌های S و W به ترتیب برابر 74/6 و 57/6 درصد است. با توجه به مقادیر توصیه شده برای این شاخص (83 تا 91 درصد) ملاحظه می‌شود که این سامانه‌ها دارای مقادیر CU کم‌تر از مقدار توصیه شده هستند. وضعیت برای یکنواختی توزیع نیز به همین صورت است یعنی مقادیر این شاخص برای سامانه‌های S و W به ترتیب برابر 60/8 و 44/7 درصد و کم‌تر از مقدار توصیه شده (73 تا 86 درصد) است. از دلایل این موضوع می‌توان به استفاده هم‌زمان از چند پاشنده در یک بال، سرعت باد، عمر طرح (سامانه W)، کم بودن میزان فشار نسبت به فشار کارکرد پاشنده‌ها و به تبع آن کم بودن میزان دبی و شعاع پاشش پاشنده‌ها اشاره نمود. در مطالعات انجام شده توسط سی وسه مرده و بایزیدی (1390) و حمدی و همکاران (1395) نیز نتایج مشابه‌ی به دست آمد. ضریب یکنواختی هرمن و هین (CU_H)، برای سامانه C برابر 81 درصد محاسبه گردید که نزدیک به محدوده مناسب قرار گرفت. همچنین میزان ضریب یکنواختی توزیع شعاعی (DU_r) برای سامانه مذکور برابر 63 درصد و نزدیک حد پایین توصیه شده (67 تا 80 درصد) قرار گرفت (Merriam and Keller., 1978; Roland., 1982). یکی از دلایل کم بودن مقدار این شاخص می‌تواند گرفتگی بیولوژیکی پاشنده‌ها باشد. مقادیر محاسبه شده‌ی PELQ در سامانه‌های S کم‌تر از محدوده استاندارد 65 تا 85 درصد است (Roland., 1982; Merriam and Keller., 1978; Markley and Allen., 2004). که این می‌تواند به دلیل طراحی و یا اجرای نادرست سامانه باشد (Montazar and Sadeghi., 2008). از طرفی مقدار پایین PELQ نشان می‌دهد که سامانه موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی ندارد و خوب طراحی نشده است (فروغی و قائمی، 1386). مقدار این شاخص برای سامانه‌های W و C در محدوده‌ی استاندارد قرار دارد. مقادیر AELQ با توجه به جدول 5 در سامانه‌های S و C برابر با مقدار PELQ به دست آمد. که نشان دهنده‌ی این نکته است که حداقل آب داده شده به زمین و ذخیره شده در منطقه ریشه، کم‌تر از کمبود رطوبتی خاک بوده است (López-Mata., 2010)، همان‌طورکه در بالا اشاره گردید در مزارع مذکور در قسمت عمده سطح مزرعه کم‌آبیاری صورت گرفته است.

این در حالی است که در سامانه W با توجه به کفایت آبیاری بیش از 80 درصد، مقادیر AELQ و PELQ با هم اختلاف اندکی (کم‌تر از 5 درصد) دارند.

جدول 5- شاخص‌های محاسبه شده در ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی

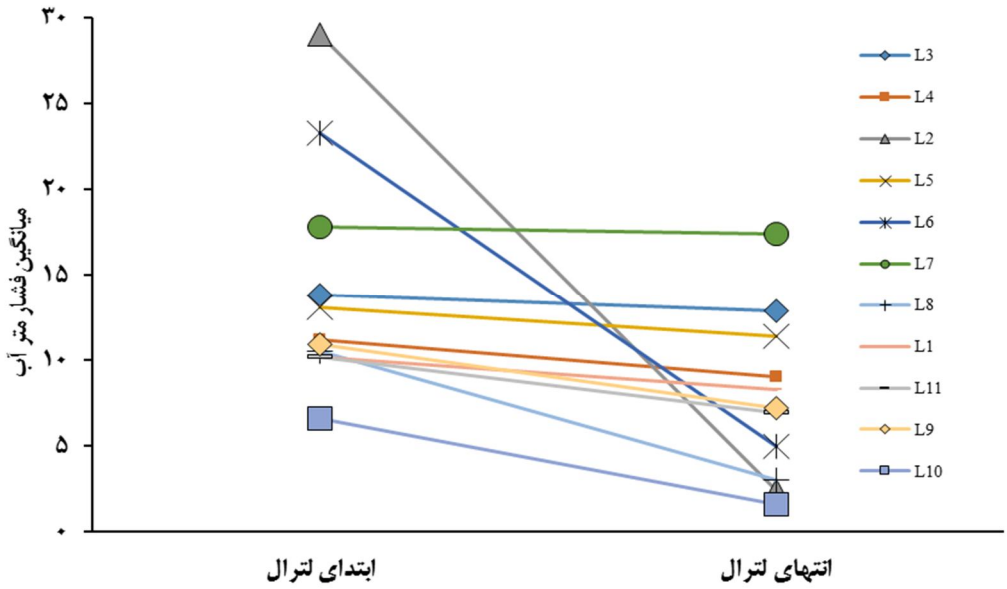
کد مزرعه	CU (درصد)	DU (درصد)	PELQ (درصد)	AELQ (درصد)	AD_{irr} (درصد)	درصد تبخیر
S	74/60	60/80	62/60	62/60	62/00	14/30
W	57/60	44/70	76/10	71/30	86/00	6/70
C	81/00	63/00	85/00	85/00	71	4/80

میزان تلفات تبخیر غیر از سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک در سامانه‌های ویلموو و سنترپیوت رقم ناچیزی است. تلفات تبخیر با دما و سرعت باد رابطه مستقیم داشته به‌طوری‌که در سامانه S سرعت باد سبب بالا رفتن تلفات تبخیر شده است. این در حالی است که سرعت باد و دمای هوا در سامانه‌های W و C در مدت زمان ارزیابی نسبتا کم‌تر از مزرعه S بود. در کل میزان تلفات تبخیر چندان زیاد نبوده و این با نتایج فروغی و قائمی (1386) و میخک بیرانوند (1393) هم‌خوانی دارد.

سامانه موضعی

روند تغییرات فشار در لترال‌ها

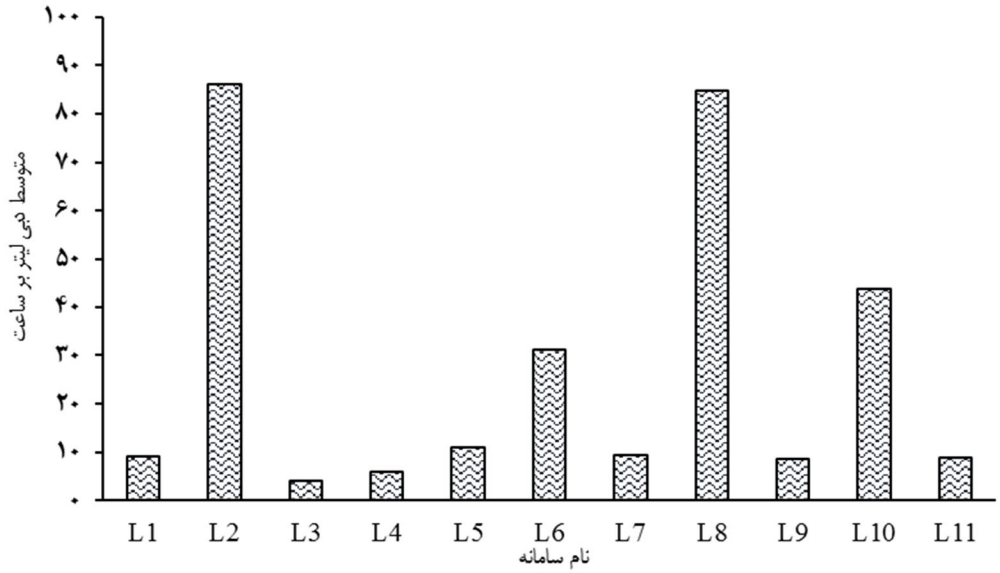
متوسط تغییرات فشار آب در طول لترال‌های واحد ارزیابی شده در سامانه‌های آبیاری موضعی مورد بررسی در شکل 3 نشان داده شده است. طبق ضوابط طراحی، برای اینکه یکنواختی توزیع در یک واحد آبیاری در حد مناسب باشد باید اختلاف دبی باید کم‌تر از 10 درصد و اختلاف فشار باید کم‌تر از 20 درصد فشار کارکرد گسیلنده باشد. بر اساس شکل ملاحظه می‌گردد که تغییرات فشار در طول لترال در اکثر سامانه‌ها بسیار بیش‌تر از 20 درصد فشار کارکرد است. تغییرات فشار برای سامانه‌های L2، L6، L8، L10، L9، L11 و L4 بیش‌تر از میزان مجاز و به ترتیب برابر 26/6، 18/3، 7/5، 5، 3/7، 3/3 و 2/2 متر آب است. تغییرات فشار برای سامانه‌های L1، L5، L3 و L1 در محدوده مجاز تغییرات فشار قرار دارد و به ترتیب برابر 1/9، 1/7، 0/9 و 0/4 متر آب است. میزان فشار مورد نیاز سامانه‌های L2 و L5 در ابتدای مانیفولد زیاد است ولی به دلیل اینکه گسیلنده‌های استفاده شده از نوع معمولی بود که با دست تنظیم می‌شدند تغییر فشار بسیار زیادی در طول لترال انجام گرفته و فشار به حد بسیار پایینی (به ترتیب 2/4 و 5 متر آب) رسیده است. فشار برای سامانه L7 خوب بوده و میزان تغییر فشار در آن نیز ناچیز است. فشار موجود در ابتدای مانیفولدهای سامانه‌های L3، L5، L4 و L1 مناسب بود. میزان فشار موجود در ابتدای مانیفولد در سامانه‌های L9 و L11 چندان مناسب نیست و کم‌تر از فشار کارکرد گسیلنده‌ها است و فشار سامانه‌های L8 و L10 بسیار پایین است.



شکل3- وضعیت تغییرات متوسط فشار در طول لترال

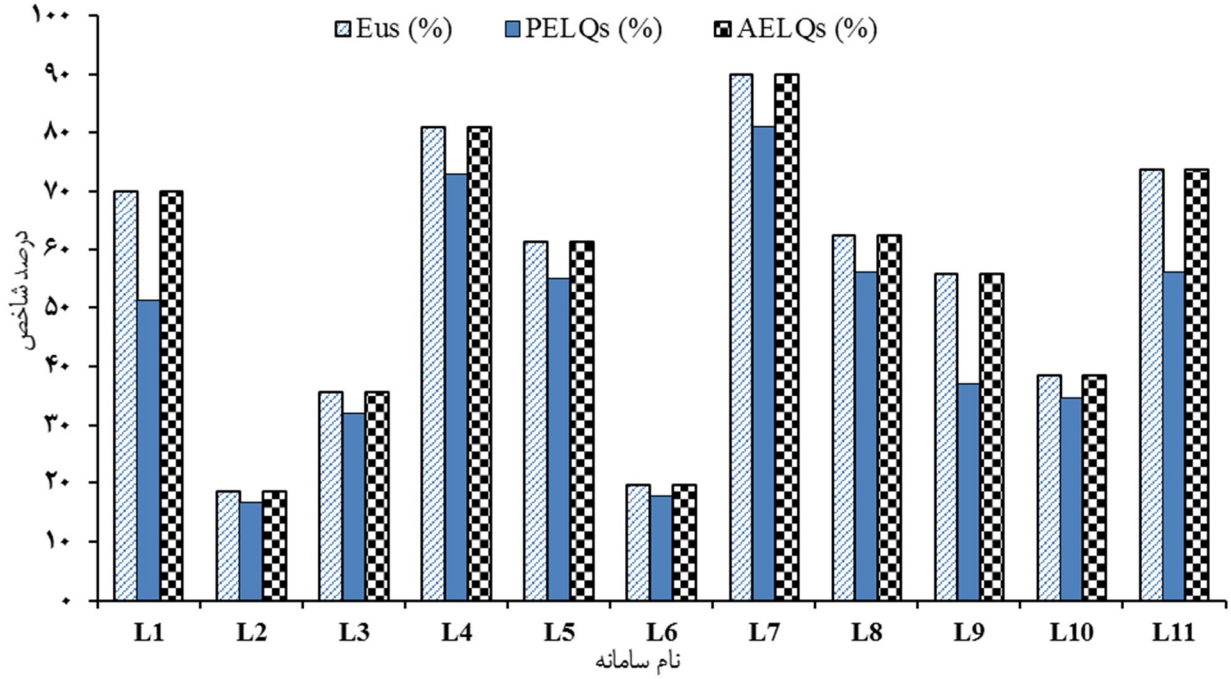
وضعیت دبی در سامانه‌های مورد مطالعه

شکل 4 میزان متوسط دبی خروجی از گسیلنده‌های مانیفولد مورد آزمایش در سامانه‌های مختلف را نشان می‌دهد. میزان متوسط دبی خروجی برای سامانه‌های L2، L8، L10، L6، L5، L7، L1، L11، L9، L4 و L3 به ترتیب برابر 86/11، 84/7، 43/8، 31/07، 11/01، 9/34، 9/1، 8/9، 8/7، 5/9 و 4/12 لیتر بر ساعت است. میزان دبی خروجی برای سامانه‌های L2، L8، L10 به دلیل اینکه گسیلنده مورد استفاده از نوع معمولی بوده و میزان دبی آن‌ها دستی تنظیم می‌شد بسیار زیاد بود.



شکل4- وضعیت متوسط آبدهی گسیلنده‌ها در سامانه‌های موضعی مورد مطالعه

نتایج محاسبات شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی سامانه‌های موضعی در شکل 5 ارایه شده است.



شکل5- شاخص‌های محاسبه شده در ارزیابی در سامانه‌های موضعی

در سامانه L6 نیز به دلیل اینکه گسیلنده‌ها لوله‌های اسپاگتی بود میزان دبی خروجی بسیار زیاد است. در سامانه‌های مذکور تغییرات دبی بسیار بیش‌تر از میزان قابل قبول (10 درصد) است. در تمام سامانه‌های مورد بررسی میزان دبی بیش‌تر از دبی اسمی گسیلنده‌ها بود و با اینکه فشار سامانه زیاد نبود مربوط به جنس گسیلنده است. متاسفانه جنس گسیلنده‌های استفاده شده علی‌رغم ادعا مبنی بر جبران‌کننده بودن فشار، اصل نیستند. گسیلنده از اصلی‌ترین و مهم‌ترین اجزای سامانه‌های موضعی هستند که در انتخاب و خرید آن باید بسیار دقت شود.

بر اساس شکل 5 ملاحظه می‌شود که مقادیر EU_s در سامانه‌های ارزیابی شده، بین 18 تا 88 درصد بوده است. کم‌ترین مقدار آن برای سامانه‌های L_7، L_8، L_{11} و L_{15} به ترتیب با 18/80، 36/60، 20/30 و 38/40 درصد (کم‌تر از 70 درصد) بوده است، که با توجه به محدود مقادیر توصیه شده در وضعیت ضعیف قرار دارد. به جز سامانه‌های مذکور، دیگر سامانه‌های موضعی از نظر شاخص EU_s در وضعیت مطلوب (70 درصد) قرار دارند. به عبارت دیگر، شاخص EU_s در 25 درصد از سامانه‌ها بین 18 تا 38 درصد و در 75 درصد از سامانه‌ها بین 63 تا 98 درصد قرار گرفت. مقادیر یکنواختی ریزش آب (EU_s) در تمام سامانه‌های موضعی ارزیابی شده کم‌تر از 90 درصد به دست آمد. مقدار EU_s در 19 درصد از سامانه‌ها، بین 90-80 درصد و با توجه به جدول ارایه شده توسط (Merriam and Keller., 1978) بازده سامانه در وضعیت خوب؛ 19 درصد از کل سامانه‌ها، بین 80-70 درصد و بازده سامانه در وضعیت نسبتا خوب؛ و در 62 درصد دیگر، مقدار EU_s کم‌تر از 70 درصد و بازده سامانه در وضعیت ضعیف قرار دارد. بنابراین مقدار این شاخص به طور کلی در وضعیت ضعیف قرار گرفت. حداقل و حداکثر مقدار AELQ به ترتیب برابر با 18/10 و 87/30 درصد به دست آمد. بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین در محدوده 79-16 درصد قرار گرفت. مقادیر AELQ و PELQ در تمام سامانه‌های موضعی به جز L5 کم‌تر از مقادیر استاندار بوده است. اعداد به دست آمده برای بازده واقعی و بازده پتانسیل کاربرد ربع پایین نشان داد که سامانه‌های آبیاری موضعی پیاده شده از نظر مدیریتی و بهره‌برداری در وضعیت بسیار اسفباری قرار دارد و به هیچ وجه قابل قبول نیست. با توجه به نوع گسیلنده‌های به کار رفته این نکته دور از انتظار نبود. از طرفی با توجه به تفاوت AELQ و PELQ می‌توان گفت که سامانه‌های آبیاری ارزیابی شده از لحاظ مدیریتی دچار مشکل است. این امر مبین عدم برآورد میزان آب مورد نیاز در هر آبیاری است که سبب کاهش PELQ گردیده است. با توجه به اینکه یک سامانه آبیاری موفق بایستی دارای بازده 90٪، یکنواختی بالای 90٪ و AELQ و PELQ نزدیک به هم می‌باشد. بنابراین به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که سامانه‌های موضعی مورد بررسی در وضعیت ضعیف قرار دارند که مشاهدات میدانی باغ‌ها و سامانه‌ها، تایید کننده نتیجه فوق می‌باشد.

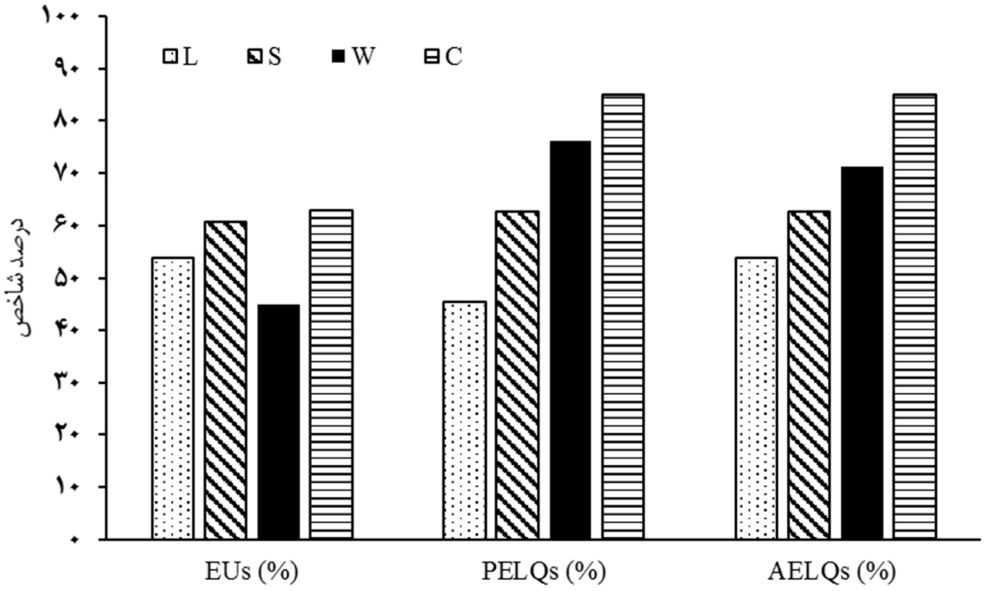
مقایسه سامانه‌های ارزیابی شده

برای مقایسه‌ی وضعیت سامانه‌های مختلف ارزیابی شده، شاخص‌های یکنواختی پخش، AELQ و PELQ در نظر گرفته شد. از آن‌جایی که در این مطالعه 11 سامانه موضعی مورد ارزیابی قرار گرفت از هر کدام از شاخص‌ها میانگین وزنی با وزن مساحت گرفته شد و میانگین محاسبه شده برای شاخص‌های مذکور برای سامانه موضعی با مابقی سامانه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. در شکل 6 شاخص‌های مورد نظر برای سامانه‌های مختلف مورد مطالعه نشان داده شده است. بر اساس شکل ملاحظه می‌شود که حداکثر و حداقل ضریب یکنواختی به ترتیب 44/7 و 60/8 درصد در سامانه ویلموو و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک به دست آمد. ضریب یکنواختی هیچ‌کدام از سامانه‌ها در محدوده توصیه شده قرار ندارد. رتبه‌بندی سامانه‌ها بر اساس شاخص مذکور به ترتیب اولویت از بیش‌تر به کم‌تر، سامانه سنترپیوت، کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، موضعی و ویلموو می‌باشد. بررسی AELQ و PELQ سامانه‌ها نشانگر این موضوع است که در تمام سامانه‌ها به جز سنترپیوت مقادیر به دست آمده کم‌تر از مقادیر توصیه شده بود. در سامانه‌های کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و سنترپیوت به دلیل کم‌آبیاری اعمال شده و کفایت آبیاری کم‌تر از 75 درصد، مقادیر بازده واقعی و بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین با هم برابر بود. از بین سامانه‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین مقدار شاخص‌های مذکور را دارا است. بر اساس شاخص‌های مورد محاسبه و بررسی وضعیت بهره‌برداری از سامانه‌های استان قم می‌توان اظهار داشت که سامانه سنترپیوت بهترین وضعیت را داشته و بعد از آن سامانه‌های ویلموو و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک قرار دارند و سامانه‌های موضعی بدترین وضعیت را از بین سامانه‌های مورد بررسی داشتند.

مسایل و مشکلات بهره‌برداری

طی بازدیدهای اولیه صورت گرفته و نیز در حین عملیات صحرایی ارزیابی سامانه‌های مورد مطالعه، مسایل و مشکلاتی در سطح مزرعه و ایستگاه‌های پمپاژ مرتبط با بهره‌برداری ملاحظه شد که قابلیت بیان کمی آن‌ها نیست ولی از عوامل بسیار تاثیرگذار در پایین بودن شاخص‌های ارزیابی و کارکرد این سامانه‌ها هستند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد. از مشکلات سامانه سنترپیوت مورد ارزیابی می‌توان به مواردی نظیر گرفتگی جزیی برخی از پاشنده‌ها در اثر مواد وجود ناخالصی‌های بیولوژیکی و فیزیکی، برعکس بودن

جهت پاشش یکی از پاشنده‌های بغل چرخ و وضعیت نامناسب لوله آبرسان (استفاده از زانویی 90 درجه به جای اتصال s شکل در محل اتصال به دستگاه) اشاره کرد.



شکل6- شاخص‌های ارزیابی برای سامانه‌های مختلف مورد مطالعه

از مشکلات سامانه ویلموو می‌توان به مواردی نظیر به کار بردن دو نوع پاشنده مختلف، ساییدگی پاشنده‌ها (از 18 پاشنده، 6 مورد دارای ساییدگی)، نشت قابل توجه آب از محل اتصال لوله‌ها، خراب بودن فنر برخی از آبپاش‌ها، آسیب‌دیدگی چرخ‌ها و تغییر شکل چرخ‌ها و سوراخ شدن لوله لترال در برخی نقاط اشاره نمود. از مشکلات سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک می‌توان مواردی نظیر حذف پودرکننده آبپاش‌ها و به کار بردن لوله‌هایی هم‌اندازه‌ی نازل 10 و 8 و ایجاد قطرات درشت، شکستگی درپوش برخی شیرخودکارها و نشت از زیر آبپاش‌ها و شیرخودکارها را بیان کرد. از مشکلات سامانه‌های موضعی مورد ارزیابی می‌توان به مواردی نظیر افت بیش از حد فشار در ورودی و خروجی فیلترها به دلیل تمیز نکردن فیلترها، خراب بودن فشارسنج نصب شده در کولکتور ورودی و خروجی فیلترها، سرپوشیده نبودن استخر و در نتیجه رشد جلبک‌ها در آب، عدم آشنایی بهره‌بردار با شستشوی فیلتر شن، خارج کردن فیلتراسیون از مدار (به صورت کلی و یا بخشی)، متغیر بودن فاصله گسیلنده‌های تعویض شده توسط بهره‌برداران، وضعیت نامناسب ابتدا و انتهای مانیفولدها، عدم تطابق پارامترهای طراحی با اجرا (استفاده از گسیلنده‌های معمولی به جای جبران‌کننده، عدم تطابق تعداد گسیلنده‌های طراحی و اجرا شده)، ترکیدگی در جدار لوله برخی از لترال‌ها، وجود علف‌های هرز در فاصله بین درختان، تنوع گسیلنده‌های به کار رفته در سامانه اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج محاسبه‌ی شاخص یکنواختی ریزش (EU_s) برای سامانه‌های موضعی نشان داد که کم‌ترین میزان مربوط به سامانه‌های L_7، L_8، L_{11} و L_{15} به ترتیب با 18/80، 36/60، 20/30 و 38/40 درصد (کم‌تر از 70 درصد) بوده است، که با توجه به جدول ارایه شده توسط مریام و کلر در وضعیت ضعیف قرار دارد (Merriam and Keller., 1978). این مسئله به دلیل استفاده از گسیلنده‌های غیراستاندارد، فاصله متغیر گسیلنده‌ها و تنوع گسیلنده‌ها و فشار آب در سامانه، تمیز نکردن فیلترها و گرفتگی آن‌ها می‌باشد. به جز سامانه-های مذکور، مابقی سامانه‌های موضعی بر اساس این شاخص در وضعیت مطلوب قرار دارند. مقدار ضریب یکنواختی کریستیان‌سن محاسبه شده برای سامانه‌های S و W به ترتیب برابر 74/6 و 57/6 درصد و کم‌تر از مقادیر توصیه شده (83 تا 91 درصد) هستند. وضعیت برای یکنواختی توزیع نیز به همین صورت است یعنی مقادیر این شاخص برای سامانه‌های S و W کم‌تر از مقدار توصیه شده (73 تا 86 درصد) است. از دلایل این موضوع می‌توان به استفاده هم‌زمان از چند پاشنده در یک بال، سرعت باد، عمر طرح (سامانه W)، کم بودن میزان فشار نسبت به فشار کارکرد پاشنده‌ها و به تبع آن کم بودن میزان دبی و شعاع پاشش پاشنده‌ها اشاره نمود. ضریب یکنواختی هرمن و هین (CU_H)، برای سامانه C برابر 81 درصد و نزدیک به

محدوده مناسب قرار دارد و میزان ضریب یکنواختی توزیع شعاعی (DU_r) برای سامانه مذکور برابر 63 درصد و نزدیک حد پایین توصیه شده (67 تا 80 درصد) قرار گرفت. از دلایل کم بودن مقدار این شاخص می‌تواند گرفتگی بیولوژیکی پاشنده‌ها باشد. مقادیر AELQ و PELQ در تمام سامانه‌های موضعی به جز L5 کم‌تر از مقادیر استاندار بوده است. اعداد به دست آمده برای این شاخص‌ها نشان می‌دهد که سامانه‌های آبیاری موضعی پیاده شده از نظر مدیریتی و بهره‌برداری در وضعیت بسیار اسفباری قرار دارد و به هیچ‌وجه قابل قبول نیست که با توجه به نوع گسیلنده‌های به کار رفته این نکته دور از انتظار نبود. مقدار PELQ در سامانه‌های S کم‌تر از محدوده استاندارد 65 تا 85 درصد است که این می‌تواند به دلیل طراحی و یا اجرای نادرست سامانه باشد (Montazar and Sadeghi., 2008). مقدار این شاخص برای سامانه‌های W و C در محدوده‌ی استاندارد قرار دارد. مقادیر AELQ و PELQ در سامانه‌های S و C با هم برابر به دست آمد که نشان دهنده‌ی این نکته است که در مزارع مذکور در قسمت عمده سطح مزرعه کم‌آبیاری صورت گرفته است. در سامانه W با توجه به کفایت آبیاری بیش از 80 درصد، مقادیر AELQ و PELQ با هم اختلاف اندکی دارند. بر اساس شاخص کفایت آبیاری، این نتیجه حاصل شد که همه‌ی سامانه‌ها دارای کفایت کم‌تر از 100 درصد هستند. میزان درصد کفایت توصیه شده برای آبیاری زراعت‌ها 75 است (علیزاده، 1386) بر این اساس فقط سامانه ویلموو در وضعیت مناسبی قرار دارد و مابقی سامانه‌ها وضعیت مناسبی ندارند. با توجه به شاخص‌های محاسبه شده و بررسی وضعیت بهره‌برداری از سامانه‌های استان قم می‌توان اظهار داشت که سامانه سنترپیوت بهترین وضعیت را داشته و بعد از آن سامانه‌های ویلموو و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک قرار دارند و سامانه‌های موضعی بدترین وضعیت را از بین سامانه‌های مورد بررسی داشتند.

منابع

ابراهیمی،ح. 1385. ارزیابی عملکرد روش‌های آبیاری تحت فشار در استان خراسان. مجله علمی و پژوهشی علوم کشاورزی. 12 .3 :577-589.

ثنایی،ا.، ایزدپناه،ز و برومند نسب،س. 1393. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای اجرا شده در شهرستان‌های بردسیر و راین استان کرمان. مجله علوم و مهندسی آبیاری. 38 .2: 180-172.

حمدی احمدآباد،ی.، لیاقت،ع.م.، سهرابی،ت.، رسول‌زاده،ع و لیاقت،ا. 1395. ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای (سنترپیوت) در مزارع کشت و صنعت و دامپروری مغان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. 47 .4: 729-723.

سهرابی،ت و اصیل‌منش،ر. 1377. ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای در کرج. مجله علوم آب و خاک. 2 .2: 15-1.

سهرابی،ت و پایدار،ز. 1394. اصول طراحی سامانه‌های آبیاری. چاپ سوم. دانشگاه تهران . 406 ص.

سی‌وسه‌مرده،م و بایزیدی،م. 1390. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در مطالعه موردی استان آذربایجان غربی- مهاباد. مجله مهندسی منابع آب. 4 .1: 76-63.

عباسی،ف.، سهراب،ف و عباسی،ن. 1394. بازده‌های آبیاری: تغییرات مکانی و زمانی آن در ایران. گزارش فنی شماره 48496. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. 45 ص.

عباسی،ف.، سهراب،ف و عباسی،ن. 1395. ارزیابی وضعیت بازده آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. 17 .67: 128-113.

علیزاده،ا. 1393. طراحی سامانه‌های آبیاری- جلد دوم: طراحی سامانه‌های آبیاری تحت فشار. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). 367 ص.

فاریابی،ا.، معروف‌پور،ع و قمرنیا،ه. 1389. بررسی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهگلان کردستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. 14 .54: 15-1.

فروغی،ف و قائمی،ع .1386. تعیین تلفات تبخیر و بادبردگی در دستگاه آبیاری آب‌فشان دوار در منطقه باجگاه. مجله آبیاری و زهکشی ایران. 1 .1: 70-63.

میخک بیرانوند،ز.، برومند نسب،س.، ایزد پناه،ز و ملکی،ع. 1393. بررسی بازده آبیاری سامانه‌های آبیاری بارانی در منطقه خرم‌آباد. مجله مدیریت آب و آبیاری. 4 .2: 202-191.

نوشادی،م و قائمی،ع.ا. 1391. بررسی فنی و هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس. مجله آبیاری و زهکشی ایران. 4 .6: 264-254.

ولی اهری،س.، ناظمی،ا.ح.، صدرالدینی،ع.ا و مجنونی هریس،ا. 1394. ارزیابی فنی عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شبکه آبیاری ستارخان شهرستان اهر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. 2 .9: 273-262.

López-Mata,E., Tarjuelo,J.M., de Juan,J.A., Ballesteros,R and Domínguez,A. 2010. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. Agricultural Water Management. 98.1: 190-198.

Markley,P and Allen,G. 2004. Sprinkle and trickle

northeastern Spain: II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. Agricultural Water Management. 61.2: 93-109.

Ouazaa,S., Latorre,B., Burguete,J., Serreta,A., Playán,E., Salvador,R., Zapata,N. 2015. Effect of the start–stop cycle of center-pivot towers on irrigation performance: Experiments and simulations. Agricultural Water Management. 147: 163-174.

Roland,L. 1982. Mechanized sprinkler irrigation. FAO irrigation and drainage, 409p.

Keller,J., Bliesner,R.D. 1990. Sprinkle and trickle irrigation.

Heermann, D. F., & Hein, P. R. (1968). Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. Transactions of the ASAE, 11(1), 11-0015.

irrigation lecture notes.1th Ed. Utah state university,Utah, 279 p.

Martinez,J.M., Valero,J.A and Martin-Benito,T. 2003. Behaviour of several kinds of emitters on water distribution with center pivot equipments Comportement de quelques types d'asperseurs sur la distribution d'eau des pivots.

Merriam,J.L and Keller,J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of AgriCultural and Irrigation Engineering, United States University, Logan, United States, 271P.

Montazar,A and Sadeghi,M. 2008. Effects of applied water and sprinkler irrigation uniformity on alfalfa grown and hay yield. Agricultural water management. 95.11: 1279-1287.

Dechmi,F., Playan,E., Faci,J.M., Tejero,M., Bercero,A. 2003. Analysis of an irrigation district in

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 11, Des.-Jan. 2017, p. 736-749

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 5 جلد 11، آذر - دی 1396، ص. 749-736

Assessment of Modern Irrigation Systems in Qom Province

Kh. Ahmadaali[1]*, H. Ramezani Etedali[2], N. Hosseini Pazhouh[3]
Recived: Apri.05, 2017 Accepted: Jvn.10, 2017

Abstract

In the present study, the state of pressurized irrigation systems in Qom province was investigated. Regarding the fact that by 2016, 81% of pressurized irrigation systems in this province are local and 19% are sprinkler, therefore, 11 local and 3 sprinkler irrigation systems (including solid-set with portable sprinklers, wheel move, and center pivot) were selected for investigation. First, the water and soil characteristics of the fields were studied then coefficient of uniformity (CU), distribution uniformity (DU), the yield of potential application efficiency of low quarter (PELQ), the yield of application efficiency of low quarter (AELQ) and adequacy of irrigation (AD_{irr}) indexes were calculated. Obtained results showed that the mentioned indexes were 74.6, 60.8, 62.6, 62.6, 62% for solid-set with portable sprinkler, 57.6, 44.7, 76.1, 71.3, 86% for wheel move, and 81, 63, 85, 85, 71% for center pivot, respectively, and the weighted average of DU, PELQ and AELQ for local irrigation were 53.9, 45.3 and 53.9 %, respectively. Finally, the observed problems of system operation were analyzed and it was found that the main reasons of low performance were due to the management and some were due to the design and performance phases.

Key words: Localized irrigation, Pressurized irrigation, Operation, Sprinkling irrigation

1- Assistant Professor in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
2- Assistant Professor, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin
3- MSc in Irrigation and Drainage Engineering
(*- Corresponding Author Email: khahmadauli@ut.ac.ir)