تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۵/ زمستان ۱۴۰۰/ص ۷۴-۵۹

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

ارزیابی هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری بارانی (لینیر) در طول فصل زراعی در دشت قزوین

مهدی یونسی[۱]، محمود مشعل[۲*] و افشین یوسف گمرکچی[۳]

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد؛ و دانشیار گروه مهندسی آب ، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۱

چکیده

محدودیت منابع آب در کشور باعث جلوگیری از توسعهٔ کشاورزی می‌شود. سامانه‌های آبیاری تحت فشار یکی از راهکارهای مدیریتی برای بهبود بهره‌وری و استفاده از منابع آب است. اما این سامانه‌ها خود باعث بروز تلفات آبیاری و هدررفت آب می‌شوند‌اگر به‌درستی از آنها استفاده نشود. ارزیابی سامانه‌های آبیاری به‌هنگام بهره‌برداری و رفع ایرادهای آن می‌تواند از بروز چنین اتفاقاتی جلوگیری کند. هدف تحقیق حاضر ارزیابی دو سامانهٔ آبیاری تحت فشار (لینیر) در مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات است. در این تحقیق اثرهای گرایش به یک سامانه آبیاری بهره‌ور در افزایش شاخص کارایی مصرف آب یا کاهش تلفات آب بررسی شده است. به این منظور از شاخص‌های ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع در چارک پایین (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد در چارک پایین (PELQ) و راندمان واقعی در چارک پایین (AELQ) استفاده شده است. نتایج ارزیابی میدانی براساس شاخص CU و DU نشان داد میانگین این شاخص‌ها در سامانهٔ آبیاری در مزرعهٔ کشت گندم به ترتیب برابر با ۸۹/۳۸ و ۸۳/۹۲ درصد و در سامانهٔ آبیاری مزرعهٔ کشت کلزا برابر با ۷۶/۸۵ و ۷۰/۳۱ درصد است. از منظر راندمان پتانسیل (PELQ) و راندمان واقعی (AELQ)کاربرد آب، میانگین سامانهٔ آبیاری مزرعهٔ گندم به ترتیب برابر با ۶۲/۸۹ درصد و در سامانهٔ آبیاری مزرعهٔ کلزا برابر با ۴۹/۳۳ درصد است. در نگرشی کلی، هر دو سامانه براساس شاخص‌های ارزیابی CU و DU در بازه قابل قبول اما براساس مقادیر محاسباتی دو شاخص PELQ و AELQ در خارج از بازه قابل قبول قرار دارند که نشان‌دهندهٔ مدیریت نادرست بهره‌بردار از سامانه‌هاست. پایین بودن شاخص‌های ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت فشار یادشده نشان‌دهندهٔ آن است که در صورت بی‌توجه‌بودن به عوامل تأثیرگذار در دورهٔ بهره‌برداری نمی‌توان ارتقاء بازده آبیاری را با مکانیزه نمودن آبیاری متصور دانست.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی میدانی، سامانهٔ آبیاری لینیر، قزوین

مقدمه

ایران کشوری با اقلیم گرم و خشک و منابع محدود آبی است از این رو اهمیت مدیریت و استفادهٔ بهینه از منابع آبی آشکار می‌شود. همین محدودیت منابع آبی باعث محدودیت در توسعهٔ کشاورزی نیز می‌شود. خشکسالی‌ها و کاهش بارندگی‌ها علت مضاعفی بر کمبود آب است و اهمیت صرفه‌جویی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. محدودیت منابع آب و رویکرد افزایش میزان تولید در واحد سطح یکی از سیاست‌های اصلی در راستای مدیریت مصرف آب در

* نگارنده مسئول: Email: mmashal@ut.ac.ir
http://doi: 10.22092/idser.2022.357720.1499

سطح مزرعه قلمداد می‌شود. امروزه با توسعهٔ سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار انعطاف‌پذیری بیشتری در مدیریت آبیاری در سطح مزارع کشاورزان حاصل شده است به نحوی که بهره‌بردار سامانهٔ آبیاری در روش آبیاری تحت‌فشار توانایی بیشتری برای مدیریت بهینهٔ آب در سطح مزرعه یا باغ را خواهد داشت.

کاغذلو و همکاران (Kaghazloo *et al.*, 2015) سامانه‌های آبیاری بارانی در دشت قزوین را ارزیابی و برای این کار از شاخص‌های ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد (AELQ) استفاده کرند. نتایج تحقیق نشان داد ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) و ضریب یکنواختی توزیع (DU) کمتر از مقادیر توصیه شده است که از دلایل آن به کارایی نادرست نازل‌ها و شعاع پاشش نامناسب آبپاش‌ها اشاره شده است. این پژوهشگران پایین بودن ضریب پتانسیل کاربرد (PELQ) را متأثر از تلفات تبخیر و بادبردگی و کم بودن یکنواختی توزیع آب و دلیل پایین بودن راندمان واقعی کاربرد (AELQ) را اجرا و مدیریت نامناسب سامانه دانسته‌اند. لیاقت و همکاران (Liaghat *et al.*, 2015)، نیز در پژوهش خود سیستم‌های مختلف آبیاری را در دشت قزوین ارزیابی کردند و نشان دادند پایین‌ترین مقادیر ارزیابی به روش کلاسیک در آبیاری بارانی خطی (لینیر)، که در مراحل اولیه و اواسط رشد رخ می‌دهد، به ترتیب برابر با ۱۱/۸ و ۴۵/۶ درصد است. اشرف و همکاران (Ashraf *et al.*, 2015)، با ارزیابی هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری بارانی سنترپیوت (A, B) و کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران نشان دادند ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع و راندمان پتانسیل چارک پایین برای سیستم آبیاری سنترپیوت A به ترتیب برابر ۸۴/۳۴، ۷۸/۹ و ۶۳/۱۱ و برای سیستم آبیاری سنترپیوت B برابر ۸۸/۳۶، ۸۲/۸۳ و ۷۴/۲۸ و نیز شاخص‌های مذکور برای سیستم آبیاری کلاسیک ثابت به ترتیب برابر ۶۵/۵۲، ۵۱/۴۷ و ۴۷/۵ است. این پژوهشگران حساسیت آبیاری بارانی کلاسیک را به‌وزش باد مهم‌ترین عامل پایین بودن ضریب یکنواختی می‌دانند. بهرامی و همکاران (Bahrami *et al.*, 2017)، با ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده در دشت‌های استان فارس نشان دادند بیشترین ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع کل در سامانه‌ها مربوط است به سامانه‌های داراب، ارسنجان و سروستان با مقادیر ضریب یکنواختی به ترتیب ۸۰/۷۸، ۶۹/۵۶ و ۶۸/۲۱ درصد، و این مقادیر بیانگر توزیع نرمال داده‌ها و قرینه بودن اندازه‌گیری‌ها نسبت به میانگین است؛ مقادیر یکنواختی توزیع به ترتیب ۶۶/۱۲، ۵۵/۴ و ۵۳ درصد به‌دست آمده است. احمدالی و همکاران (Ahmadali *et al.*, 2018)، وضعیت سامانه‌های آبیاری بارانی را با تأکید بر شاخص‌های ارزشیابی و مسائل بهره‌برداری مطالعه و ۷ سامانه سنترپیوت، ۳ سامانه لینیر و ۸ سامانه کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک را در استان‌های قم، تهران، البرز و قزوین بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد مقدار میانگین ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ)، راندمان واقعی کاربرد آب (AELQ) و کفایت آبیاری (AD_{irr}) به ترتیب برای سامانه‌های سنترپیوت ۷۸، ۶۳، ۶۹، ۶۹ و ۴۹، برای سامانه‌های لینیر ۷۵، ۶۸، ۶۴، ۵۵ و ۶۲ و برای سامانه‌های کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک ۷۷، ۶۶، ۶۰، ۶۰ و ۶۱ درصد است. نادری و همکاران (Naderi *et al.*, 2018)، با ارزیابی فنی

سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی شامل ویل موو، کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و سنترپیوت در شرایط مزرعه در استان سمنان، مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد آب (AELQ)، راندمان واقعی کاربرد آب (PELQ)، ضریب یکنواختی (CU) و یکنواختی توزیع (DU) را در سامانه‌های آبیاری ویل‌موو به ترتیب ۴۰/۷، ۲۹/۶، ۵۷/۲ و ۵۲/۷ درصد و در سامانه‌های کلاسیک ثابت ۵۴/۸، ۵۴/۸، ۷۵ و ۶۵ درصد برآورد کردند. نتایج تحقیق همچنین نشان داد سامانه‌های سنترپیوت در محدودهٔ مطالعاتی بهترین وضعیت بهره‌برداری را دارند و پس از آن روش کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک وضعیت بهتری داشته‌است.

خدامرادی و مرادی (Khodamoradi & Moradi, 2011)، با ارزیابی یکنواختی پاشش (CU) سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در شهرستان سرپل زهاب نشان دادند مهم‌ترین مشکلات در طراحی، اجرا و بهره‌برداری به‌ترتیب ۱- بازدیدنکردن مهندس طراح، بررسی‌نکردن مقدار واقعی کارکرد آبپاش‌ها، بررسی‌نشدن سرعت و جهت باد در طراحی سیستم آبیاری ۲- اندازه‌گیری‌نشدن میزان آب ورودی به سیستم آبیاری، نصب‌نکردن فشارسنج به‌منظور کنترل فشار آب، بی‌دقتی در عملیات اجرایی ۳- ناآگاهی بهره‌بردار از نحوهٔ کارکرد سامانه آبیاری و چگونگی بهره‌برداری از آن است.

نتایج بررسی تحقیقات نشان می‌دهد که صرفاً استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار عاملی برای افزایش شاخص کارایی آب نیست و سامانهٔ آبیاری باید به‌طور صحیح طراحی، اجرا و بهره‌برداری شود. سامانه در زمان بهره‌برداری باید به صورت مرتب ارزیابی گردد تا از تلفات آبیاری جلوگیری شود. از این رو، هدف تحقیق حاضر ارزیابی دو سامانهٔ آبیاری تحت فشار (لینیر) در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات است. در این تحقیق، اثرهای گرایش به سامانهٔ آبیاری بهره‌ور در افزایش شاخص کارایی مصرف آب یا کاهش تلفات آب بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی دو سامانهٔ آبیاری لینیر تحت کشت دو گیاه گندم و کلزا واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل آباد با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۱۷ ثانیه شمالی و ۴۹ درجه و ۵۴ دقیقه و ۲۸ ثانیه شرقی در حومهٔ غربی شهر قزوین اجرا شد. بیشترین پهنهٔ اقلیمی استان قزوین در اقلیم نیمه خشک سرد قرار می‌گیرد. مشخصات سامانه‌های آبیاری لینیر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات سامانه‌های آبیاری بارانی لینیر مورد بررسی

Table 1- Specifications of Sprinkler Irrigation Systems

نوع آبپاش‌ها Type of sprinklers	تعداد کل آبپاش‌ها Total number of sprinklers	تعداد آبپاش در هر اسپن Number of sprinklers per span	تعداد اسپن Number of Spans	نوع آبگیری سامانه آبیاری Type of dewatering irrigation system	نوع کشت Type of cultivation
Nelson R3030 Rotator	44	5 - 13	3.5	شیر هیدرانت Hydrant Valve	گندم Wheat
نامعلوم Unknown	232	29	8	شیر هیدرانت Hydrant Valve	کلزا Rapeseed

راندمان آبیاری در طراحی و مدیریت سیستم استفاده می‌شود و می‌تواند به دو جزء یکنواختی توزیع و تلفات آبیاری تقسیم شود. اگر یکنواختی توزیع پایین یا تلفات زیاد باشد، راندمان آبیاری نیز پایین خواهد بود. چندین عامل مقدار راندمان کاربرد آب را در هر سامانهٔ آبیاری بارانی تحت الشعاع قرار می‌دهند. عواملی مانند تغییر در دبی هر یک از آبپاش‌ها در مسیر لوله، تغییر در توزیع آب در منطقهٔ بین آبپاش‌ها، تلفات آب با تبخیر مستقیم از دهانهٔ آبپاش، بادبردگی و تبخیر از سطح خاک قبل از استفاده توسط گیاه از جمله این عوامل هستند (Keller & Blinser, 1990). در پژوهش حاضر برای ارزیابی میدانی کارکرد سامانه‌های آبیاری از ضریب‌های یکنواختی کریستیانسن [1](CU)، یکنواختی توزیع آب در چارک پایین [2](DU)، راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین [3](PELQ) و راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین [4](AELQ) استفاده شد. ضریب یکنواختی کریستیانسن شاخصی مناسب برای نشان دادن یکنواختی توزیع آب در سامانه آبیاری است. یکنواختی توزیع، شاخصی است که میزان یکنواختی کاربرد آب را در سطح مزرعه تعیین می‌کند. PELQ بیانگر آن است که سامانهٔ موجود در شرایط بهره‌برداری مناسب چگونه عمل می‌کند. AELQ نیز چگونگی بهره‌برداری از سامانهٔ اجرا شده را نشان می‌دهد (Naderi *et al.*, 2018).

در این پژوهش، به منظور اندازه‌گیری یکنواختی پخش آب، از ۱۶ بطری با فاصله ۲ متر از هم در یک شبکهٔ ۴ در ۴ استفاده شد. قطر هر بطری جمع‌آوری آب ۷ و ارتفاع آن ۲۰ سانتی‌متر بود. برای ارزیابی سامانه‌ها در روز آبیاری بطری‌ها درون مزرعه قرار داده‌شدند و پس از عبور سامانه از روی بطری‌ها، مقدار آب در هر بطری اندازه‌گیری و یادداشت می‌شد. با توجه به شرایط خاص مزرعه و به منظور حذف تأثیرگذاری وجود چرخ در داده‌های توزیع آب و برای افزایش دقت در داده‌برداری، اندازه‌گیری‌های میدانی با فاصلهٔ ۶ متری از چرخ‌ها در ابتدای هر اسپن آزمایش صورت گرفته است. در مزرعهٔ گندم برای هر اسپن، ۳ مرتبه (جمعاً ۹ مرتبه) (جدول ۲) و در مزرعهٔ کلزا برای دو اسپن مرکزی، ۲ مرتبه (جمعاً ۴ مرتبه) (جدول ۳) این کار اجرا شده است. در هر اندازه‌گیری، مکان شبکهٔ ظرف‌ها تغییر کرده است.

به این منظور ظرف‌ها نوبت اول در ابتدای مزرعه، نوبت دوم در وسط مزرعه و نوبت سوم در انتهای مزرعه قرار داشته‌اند. این داده‌برداری‌ها در زمان خوشه رفتن گندم و تشکیل غلاف کلزا صورت گرفته است.

جدول ۲- تاریخ اندازه‌گیری از سامانه آبیاری گندم

Table 2- Date of measurement of wheat irrigation system

اسپن ۱ Span 1			اسپن ۲ Span 2			اسپن ۳ Span 3		
نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn
99/02/11	99/02/11	99/02/11	99/02/28	99/02/28	99/02/29	99/03/11	99/03/11	99/03/11

1- Uniformity Christiansen's Coefficient
2- Distribution Uniformity
3- Potential Efficiency of Low Quarter
4- Application Efficiency of Low Quarter

جدول ۳- تاریخ اندازه‌گیری از سامانه آبیاری کلزا

Table 3- Date of measurement of rapeseed irrigation system

اسپن ۴ Span 4		اسپن ۵ Span 5	
نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn
99/03/08	99/03/08	99/02/07	99/03/08

برای تعیین ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) از رابطهٔ ۱ استفاده شده است (Merriam & Keller, 1978).

$$CU_t = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} \left| X_i - \bar{X} \right|}{\bar{X} \times n} \right) \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

n= تعداد بطری؛ X_i= عمق آب در هر بطری (mm)؛ $\bar{X}$= میانگین عمق آب در بطری‌ها (mm).

برای تعیین یکنواختی توزیع آب در چارک پایین (DU) از رابطهٔ ۲ استفاده شده است (Merriam & Keller, 1978).

$$DU_t = \left(\frac{\bar{X}_{LQ}}{\bar{X}} \right) \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن،

X_{LQ}= میانگین عمق آب در بطری در چارک پایین (mm)؛ $\bar{X}$= میانگین عمق آب در بطری‌ها (mm).

راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) براساس رابطهٔ ۳ محاسبه شده است (Merriam & Keller, 1978).

$$PELQ_t = \left(\frac{\bar{X}_{LQ}}{d_g} \right) \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن،

X_{LQ}= میانگین عمق آب در بطری در چارک پایین (mm)؛ d_g= میانگین عمق آب آبیاری (mm).

راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین (AELQ) براساس رابطهٔ ۴ محاسبه شده است (Merriam & Keller, 1978).

$$AELQ_t = \left(\frac{\bar{X}_{LQ}}{d_g} \right) \times 100 \qquad (۴)$$

$$AELQ_t = \left(\frac{SMD}{d_g} \right) \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن،

X_{LQ}= میانگین عمق آب در بطری در چارک پایین (mm)؛ SMD= کمبود رطوبتی خاک (mm)؛ d_g= میانگین عمق آب آبیاری (mm).

اثربخشی استفاده از سامانهٔ آبیاری بارانی را می‌توان از این جنبه تعیین کرد که چه مقدار از آب کاربردی در خاک ذخیره می‌شود و برای استفاده در دسترس است و چگونه به‌طور یکنواخت اعمال می‌شود. هر زمان که مقدار آبیاری در چارک پایین کمتر از مقدار کمبود رطوبتی خاک (SMD) باشد، مقدار AELQ با PELQ برابر خواهد بود. اما اگر آب اضافی اعمال شود، مقدار آبیاری در چارک پایین بیشتر از مقدار کمبود رطوبتی خاک (SMD) خواهد شد و این امر باعث کاهش قابل توجهی در مقدار AELQ نسبت به PELQ می‌شود (Merriam & Keller, 1978).

بر این اساس، اگر X_{LQ} < SMD باشد از رابطهٔ ۴

وگر نه از رابطهٔ ۵ استفاده می‌شود. مقدار کمبود رطوبتی خاک (SMD)[1] نیز از رابطهٔ ۶ قابل محاسبه است (Merriam & Keller, 1978).

$$SMD = \frac{(\theta_{FC} - \theta_i) \times D_{rz} \times \rho_b}{100} \qquad (۶)$$

که در آن،

θ_{FC}= رطوبت خاک در ظرفیت زراعی؛ θ_i= رطوبت خاک قبل از آبیاری؛ D_{rz}= عمق توسعهٔ ریشه (cm)؛ ρ_b= وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3).

میزان تلفات تبخیر و بادبردگی از تفاوت دو شاخص یکنواختی توزیع آب در چارک پایین (DU) و راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) محاسبه شده است (Karimi & Jalini, 2016).

مقادیر محاسباتی شاخص‌های مذکور باید با توجه به اختلاف فشار موجود در سامانه تعدیل شوند تا بتوان آن را به کل سامانه آبیاری نسبت داد. از این رو، مقادیر CU، DU، PELQ و AELQ برای کل سامانهٔ آبیاری براساس روابط ۷ تا ۱۱ محاسبه می‌شود (Merriam & Keller, 1978).

$$CU = CU_t \left(\frac{1 + \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{2} \right) \qquad (۷)$$

$$DU = DU_t \left(\frac{1 + 3\left(\frac{P_{\min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{4} \right) \qquad (۸)$$

$$PELQ = (1 - ER) \times PELQ_t \qquad (۹)$$

$$AELQ = (1 - ER) \times AELQ_t \qquad (۱۰)$$

$$ER = 0.2 \times \left(\frac{P_{max} - P_{min}}{P_{mean}} \right) \qquad (۱۱)$$

که در آن،

P_{min}= حداقل فشار کارکرد آبپاش (bar)؛ P_{mean}= میانگین فشار کارکرد آبپاش‌ها (bar)؛ P_{max}= حداکثر فشار کارکرد آبپاش‌ها (bar)؛ و ER[2]= فاکتور کاهش راندمان.

به علت دسترسی نداشتن به آبپاش‌ها در هنگام آبیاری (به‌دلیل ارتفاع زیاد از سطح زمین)، مقدار فشار ورودی به هر سامانهٔ آبیاری در ایستگاه پمپاژ برای هر نوبت با فشارسنج نصب شده در ایستگاه اندازه‌گیری و از فرمول افت فشار در لوله برای محاسبهٔ فشار حداقل، متوسط و حداکثر استفاده شده است.

در جدول ۴ به‌مقادیر کمی شاخص‌های ارزیابی مذکور در ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری اشاره شده است.

جدول ۴- مقادیر توصیه شده برای شاخص‌های ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی (Merriam & Keller, 1978)

Table 4- Recommended values for evaluation indicators of irrigation systems

نوع شاخص Type of Index	بازه قابل قبول(درصد) Total number of sprinklers
CU	$71 \le CU \le 87$
DU	$67 \le DU \le 80$
PELQ	$65 \le PELQ \le 85$
AELQ	$65 \le AELQ \le 85$

1- Soil Moisture Deficit

2- Efficiency Reduction

نتایج و بحث

به منظور برآورد شاخص‌های یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع آب در چارک پایین (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین (AELQ) مقادیر حجم آب جمع‌آوری شده در شبکهٔ ظروف اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول ۵ و جدول ۶ آورده شده است. یادآوری می‌شود این اندازه‌گیری در یک دوره فصل زراعی برای دو محصول گندم و کلزا صورت گرفته و هر اسپن از سامانه در یک دور آبیاری اندازه‌گیری شده است. مقادیر کمبود مجاز رطوبتی نیز در دورهٔ رشد محصولات در بازه ۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر قرار داشته است.

جدول ۵- داده‌های جمع‌آوری شده در شبکهٔ ظروف از سامانهٔ آبیاری گندم (میلی‌متر)

Table 5- Data collected in the container network of wheat irrigation system (mm)

شمارهٔ بطری Bottle number	اسپن ۱ (Span 1)			اسپن ۲ (Span 2)			اسپن ۳ (Span 3)		
	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn
1	34	29	32	13	25	28	17	20	16
2	30	34	29	21	28	24	15	17	13
3	29	29	25	20	23	25	17	19	17
4	28	27	27	16	23	23	16	18	14
5	27	25	32	22	20	30	16	17	16
6	34	34	30	17	23	24	15	18	16
7	26	26	25	24	21	26	17	19	17
8	26	25	25	25	23	21	6*	18	18
9	21	21	30	28	21	29	10	19	17
10	31	26	29	22	23	29	16	18	17
11	23	26	25	22	24	31	19	13	13
12	25	27	25	20	-*	26	18	19	17
13	24	22	28	20	22	23	16	12	22
14	29	27	27	26	23	27	15	16	23
15	25	24	23	28	25	27	19	17	21
16	26	28	25	29	21	24	15	19	25

* مقدار آب جمع‌آوری شده به علت واژگونی بطری در نظر گرفته نشده است.

جدول ۶-داده‌های جمع‌آوری شده در شبکهٔ ظروف از سامانهٔ آبیاری کلزا (میلی‌متر)

Table 6- Data collected in the container network of rapeseed irrigation system (mm)

شمارهٔ بطری Bottle number	اسپن ۴ (Span 4)		اسپن ۵ (Span 5)	
	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn
1	23	22	17	30
2	34	32	28	39
3	30	20	40	36
4	24	13	22	27
5	36	39	24	30
6	38	39	36	38
7	36	24	37	39
8	24	14	33	28
9	29	36	19	25
10	47	26	22	43
11	38	25	44	29
12	26	20	36	25
13	32	21	23	28
14	47	43	15	35
15	39	21	34	23
16	26	20	22	27

براساس نتایج ارزیابی میدانی دو سامانهٔ آبیاری، شاخص‌های مرتبط با بهره‌برداری هیدرولیکی سامانه به‌دست آمد که نتایج آن در جدول ۷ و جدول ۸ اشاره شده است. مزارع مورد بررسی در مجاورت ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی قرار دارند و از این رو مقادیر سرعت باد، دمای هوا و رطوبت نسبی از اطلاعات این ایستگاه استفاده شده است.

جدول ۷- شاخص‌های ارزیابی سامانهٔ آبیاری گندم (درصد)

Table 7- Evaluation indicators of wheat irrigation system (%)

شاخص‌های ارزیابی Evaluation Indicators	اسپن ۱ Span 1			اسپن ۲ Span 2			اسپن ۳ Span 3		
	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت سوم Third turn
ضریب یکنواختی کریستیانسن Uniformity Christiansen's Coefficient	89.14	90.50	91.19	84.17	92.18	90.90	90.54	90.76	85.01
یکنواختی توزیع آب در چارک پایین Distribution Uniformity	84.66	85.31	89.41	74.55	89.57	87.01	82.72	82.89	79.18
راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین Potential Efficiency of Low Quarter	80.00	79.14	84.30	49.20	61.63	67.84	45.88	49.89	48.17
راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین Application Efficiency of Low Quarter	80.00	79.14	84.30	49.20	61.63	67.84	45.88	49.89	48.17
تلفات تبخیر و بادبردگی Evaporation and drift losses	4.66	6.17	5.12	25.35	27.94	19.17	36.85	33.00	31.01
سرعت باد (متر بر ثانیه) Wind Speed (m/s)	5	5	5	11	11	7	5	5	5
دمای هوا (درجه سلسیوس) Air Temperature (°C)	22.45	22.45	22.45	26.45	26.45	26.45	22.45	22.45	22.45
رطوبت نسبی Relative humidity	54.5	54.5	54.5	35.5	35.5	36	54.5	54.5	54.5

جدول ۸- شاخص‌های ارزیابی سامانهٔ آبیاری کلزا (درصد)

Table 8- Evaluation indicators of rapeseed irrigation system (%)

شاخص‌های ارزیابی Evaluation Indicators	اسپن ۴ Span 4		اسپن ۵ Span 5	
	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn	نوبت اول First turn	نوبت دوم Second turn
ضریب یکنواختی کریستیانسن Uniformity Christiansen's Coefficient	80.72	71.22	72.28	83.17
یکنواختی توزیع آب در چارک پایین Distribution Uniformity	73.09	64.35	64.37	79.40
راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین Potential Efficiency of Low Quarter	56.79	39.23	42.74	58.55
راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین Application Efficiency of Low Quarter	56.79	39.23	42.74	58.55
تلفات تبخیر و بادبردگی Evaporation and drift losses	16.30	25.13	21.64	20.86
سرعت باد (متر بر ثانیه) Wind Speed (m/s)	10	10	9	10
دمای هوا (درجه سلسیوس) Air Temperature (°C)	22.5	22.5	22.55	22.5
رطوبت نسبی Relative humidity	53.5	53.5	41.5	53.5

جدول ۹- تغییرات فشار در سامانه‌های آبیاری

Table 9- Pressure changes in irrigation systems

مزرعه Farm	فشار حداکثر (بار) Maximum pressure (bar)	فشار حداقل (بار) Minimum pressure (bar)	فشار متوسط (بار) Mean pressure (bar)	تغییرات فشار (درصد) Pressure changes (%)	ضریب کاهش راندمان Efficiency reduction coefficient
گندم Wheat	2.5	2.46	2.48	1.69	0.00341
کلزا Rapeseed	2.6	2.55	2.58	1.79	0.00362

براساس آستانه‌های عملکرد قابل قبول در شاخص ارزیابی یکنواختی توزیع آب، همان گونه که در جدول ۷ و جدول ۸ اشاره شده، مقدار ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) برای هر دو سامانهٔ گندم و کلزا در تمامی نوبت‌ها در بازه توصیه شده قرار گرفته است. اما این ضریب برای دو سامانهٔ آبیاری مورد بررسی در بازه تغییرات یکسانی قرار نداشته است حال آنکه براساس ضریب یکنواختی

توزیع (DU) در سامانهٔ آبیاری تحت کشت محصول کلزا در دو نوبت از چهار آبیاری مورد بررسی پایین‌تر از بازه قابل قبول قرار گرفته است. با توجه به آنکه ضریب یکنواختی توزیع (DU) در چارک پایین اندازه‌گیری بوده است، پایین بودن شاخص مذکور در دو نوبت از دوره‌های پایش شده نشان دهندهٔ مشکلات بهره‌برداری سامانه و به طور خاص ضعف مدیریت فشار کارکرد سامانه در دورهٔ بهره‌برداری توسط بهره‌بردار بوده است. به عبارتی، به‌رغم آنکه عوامل مؤثر هواشناسی بر شاخص مذکور در هر چهار نوبت تقریباً یکسان بوده اما بهره‌برداری نامناسب و نبودِ مدیریت فشار در سامانه باعث شده تا دو نوبت آبیاری در بازه قابل قبول ضریب یکنواختی توزیع (DU) قرار نداشته باشند. نتایج ارزیابی میدانی براساس شاخص CU نشان می‌دهد میانگین و انحراف معیار سامانهٔ تحت کشت گندم به ترتیب برابر با ۸۹/۳۸ و ۲/۸۳ درصد و در مورد سامانهٔ تحت کشت کلزا برابر با ۷۶/۸۵ و ۵/۹۹ درصد است. نتایج ارزیابی میدانی براساس شاخص DU نشان می‌دهد میانگین و انحراف معیار سامانهٔ آبیاری تحت کشت گندم به ترتیب برابر با ۸۳/۹۲ و ۴/۸۳ درصد و در مورد سامانهٔ آبیاری تحت کشت کلزا برابر با ۷۰/۳۱ و ۷/۳۳ درصد است. به عبارتی، هر دو سامانهٔ آبیاری در یک نگرش کلی در بازه قابل قبول قرار دارند. براساس معیارهای رولاند (Rolland, 1982) اختلاف بیش از ۲۰ درصد فشار کارکرد سامانه، عاملی برای کاهش یکنواختی پخش آب است. با توجه به جدول ۹، تغییرات فشار کمتر از ۲۰ درصد است و این اختلاف سبب کاهش شاخص DU نشده است. از منظر آسیب‌شناسی سامانهٔ آبیاری، غیریکنواخت بودن آبپاش‌های سامانه‌های آبیاری (تعویض آبپاش‌های سامانه آبیاری گندم و بی‌توجه‌بودن بهره‌بردار به کاهش فشار در سامانهٔ آبیاری) را می‌توان عمده دلیل افزایش غیریکنواختی توزیع آب برشمرد.

از منظر راندمان پتانسیل کاربرد آب (PELQ)، ارزیابی هر دو سامانه نشان می‌دهد در پنج نوبت از نه نوبت آبیاری گندم و در چهار نوبت آبیاری کلزا، مقدار راندمان پتانسبیل کاربرد قابل قبول احصا نشده است (جدول ۴) به نحوی که در یک نگرش کلی میانگین و انحراف معیار شاخص مذکور در سامانهٔ تحت کشت گندم به ترتیب برابر با ۶۲/۸۹ و ۱۵/۴۲ درصد و در سامانهٔ تحت کشت کلزا برابر با ۴۹/۳۳ و ۹/۷۷ درصد است.

این مقدار نشان می‌دهد سامانهٔ موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی نداشته است که از دلایل آن می‌توان به طراحی، اجرا و نحوهٔ نگهداری نامناسب سامانهٔ آبیاری اشاره کرد.

با مقایسهٔ مقادیر DU و PELQ، (به غیر از سه نوبت از نه نوبت آبیاری محصول گندم)، مشاهده می‌شود بین آنها اختلاف زیادی وجود دارد که نشان‌دهندهٔ مقدار تلفات آب ناشی از تبخیر و بادبردگی است. میانگین تلفات تبخیر و بادبردگی در سامانهٔ تحت کشت گندم و کلزا بیشتر از ۲۰ درصد است که نشان‌دهندهٔ مدیریت غیرصحیح بهره‌بردار در آبیاری است.بررسی توامان دو شاخص PELQ و AELQ نشان می‌دهد سامانه از منظر بهره‌برداری کم آبیاری طی دوره، رشد داشته است. در جدول ۱۰ به‌نتایج کلی ارزیابی دو سامانهٔ آبیاری گندم و کلزا اشاره شده است.

جدول ۱۰- نتایج ارزیابی کلی دو سامانهٔ آبیاری گندم و کلزا (درصد)

Table 10- Results of general evaluation irrigation systems of wheat and rapeseed

شاخص‌های ارزیابی Evaluation Indicators	سامانهٔ آبیاری گندم Irrigation system of wheat		سامانهٔ آبیاری کلزا Irrigation system of rapeseed	
	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation
ضریب یکنواختی کریستیانسن Uniformity Christiansen's Coefficient	89.38	2.83	76.85	5.99
یکنواختی توزیع آب در چارک پایین Distribution Uniformity	83.92	4.83	70.31	7.33
راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین Potential Efficiency of Low Quarter	62.89	15.42	49.33	9.77
راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین Application Efficiency of Low Quarter	62.89	15.42	49.33	9.77
تلفات تبخیر و بادبردگی Evaporation and drift losses	21.03	12.77	20.98	3.63
سرعت باد (متر بر ثانیه) Wind Speed (m/s)	6.56	2.60	9.75	0.50
دمای هوا (درجه سلسیوس) Air Temperature (°C)	23.78	2.00	22.51	0.03
رطوبت نسبی Relative humidity	48.22	9.42	50.50	6.00

نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات کاغذلو و همکاران (Kaghazloo *et al.*, 2015)، احمدالی و همکاران (Ahmadali *et al.*, 2018) و درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2018) مقایسه و معلوم شد که به صورت کلی مقادیر شاخص‌های CU و DU محاسبه شده بیشتر از نتایج مقایسه شده است اما مقادیر شاخص‌های PELQ و AELQ محاسبه شده کمتر از نتایج مقایسه شده است که نشان‌دهندهٔ مدیریت ناصحیح بهره‌بردار از سامانه‌های مورد مطالعه است.

نتیجه‌گیری

بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار به عوامل متعددی وابسته است که هر یک از این عوامل می‌تواند در بازده سامانهٔ آبیاری مؤثر باشد. مواردی مانند طراحی نامناسب سامانهٔ آبیاری، متناسب نبودن شرایط بهره‌برداری و شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه، نبود مدیریت در تنظیم فشار و سایر پارامترهای مؤثر در دورهٔ بهره‌برداری می‌تواند بازده سامانهٔ آبیاری را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر، هر سامانهٔ آبیاری مجموعه‌ای است از اجزای مستقل واحد که کارکرد مناسب یا نامناسب هر یک از این اجزا می‌تواند در بازده سامانهٔ آبیاری تأثیرگذار باشد. نتایج بررسی و ارزیابی هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری نشان داد که پایین بودن شاخص‌های ارزیابی در دورهٔ بهره‌برداری به عواملی مانند ثابت بودن میانگین سرعت حرکت سامانهٔ آبیاری در سراسر دورهٔ رشد (که سبب نفوذ عمقی زیاد می‌شود)، نبود ارتفاع یکسان برای آبپاش‌های موجود در سامانهٔ آبیاری، وجود سرعت نسبتاً زیاد باد در منطقه (که سبب تبخیر و بادبردگی قطره‌های آب می‌شود)، پیروی نکردن درست قطر نازل‌های آبپاش‌ها در طول

اسپن‌های سامانهٔ آبیاری (که سبب پخش غیر یکسان آب در سطح مزرعه می‌شود) و قدیمی بودن آبپاش‌های سامانهٔ آبیاری اشاره کرد. ارزیابی و تحلیل اطلاعات میدانی کسب شده از مزارع مذکور نشان داد یکی از بهترین و مؤثرترین عوامل در بهبود عملکرد سامانه ثبت و تحلیل اطلاعات میدانی در دورهٔ بهره‌برداری است. با پایش عوامل مؤثری مانند فشار کارکرد سامانه می‌توان مدیریت آبیاری بهینه‌ای را در سطح سامانه آبیاری و به تبع آن در سطح مزرعه اعمال کرد. علاوه بر آن، نداشتن انعطاف در برنامهٔ مدیریت آبیاری و نبود تطابق با شرایط بهره‌برداری نیز از عوامل کاهش بازدهٔ سامانهٔ آبیاری مورد بررسی دیده شده است. با انعطاف‌پذیری هر چه بیشتر مدیریت آبیاری و تطابق با شرایط دوره بهره‌برداری، می‌توان بهبود عملکرد سامانهٔ آبیاری را انتظار داشت. اگرچه در مبحث مدیریت سامانه و بالابردن دانش فنی بهره‌برداری مشکلات متعددی وجود دارد.

در رویکردی کلی، پایین بودن شاخص‌های ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت فشار مذکور نشان‌دهندهٔ آن است که اگر به عوامل تأثیرگذار در دورهٔ بهره‌برداری توجه نشود نمی‌توان انتظار بالابردن بازده آبیاری را مکانیزه کردن آبیاری دانست. به سخنی دیگر، بازده سامانه‌های آبیاری مکانیزه، مانند سامانهٔ آبیاری لینیر و سایر سامانه‌های آبیاری (قطره‌ای و بارانی)، در محدودهٔ وسیعی متغیر است که در صورت بی‌توجه‌بودن به عوامل تأثیرگذار در دورهٔ بهره‌برداری و طراحی سامانه، در برخی موارد بازده قابل انتظار از این سامانه‌های آبیاری مکانیزه به‌دست نخواهد آمد.

قدردانی

بدینوسیله از زحمات و مساعدت‌های جناب آقای سبزی، مهندس حسینی‌بای و دکتر شهابی‌فر در انجام در این پژوهش، قدردانی می‌گردد.

مراجع

Ahmadali, K., Hamdi, Y., HosseiniPazhouh, N. & Pourmohseni, A.A. (2018). Assessment of sprinkler irrigation systems with emphasis on performance criteria and operation problems. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 48*(5), 1043-1052.

Ashraf, N., Mirzaei, F. & Mohammadbeigi, A. (2015). Hydraulic Evaluation Center-pivot Sprinkler Irrigation System and Solid-set Irrigation System with Portable Sprinkler (Case Study: Teaching and Research farm of Tehran University). *Iranian Journal of Soil and Water Research, 46*(2), 353-361.

Bahrami, M., Khagehei, F., Dindarlou, A. & Dastourani, M. (2017). Technical evaluation sprinkler irrigation system implemented in some of the fields in Fars province. *Journal of Water and Soil Conservation*, *24*(1), 311-317.

Dargahi, Z., Nazari, B., Ramezani Etedali, H. & Mazandranizadeh, H. (2018). Evaluation of Modern Irrigation Systems Based on Economic Water Productivity and Irrigation Efficiency Indices in Qazvin Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *12*(3), 683-695.

Kaghazloo, A., Sotoodehnia, A. & Daneshkar Arasteh, P. (2015). Evaluating implemented linear sprinkler irrigation systems (Linear) in Qazvin Plain. *Journal of Water and Irrigation Management*, *5*(1), 129-137.

Karimi, M. & Jalini, M. (2016). Guidelines for Evaluation of Center pivot Irrigation System Performance (Technical note). *Journal of Water and Sustainable Development*, *2*(2), 85-91.

Keller, J. & Blienser, R.D. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.

Khodamoradi, J. & Moradi, S. (2011). *Evaluation of spray uniformity (CU) irrigation systems implemented In the city of Sarpul Zahab. 1st National Conference on Meteorology and Agricultural Water Management*. Nov. 22-23. College of Agriculture and Natural Resources. Tehran University. Iran. (In Persian).

Liaghat, A., Mokari Ghahroodi, E., Noory, H. & Sotoodehnia, A. (2015). Evaluation of Qazvin Plain Irrigation Systems Through an Assessment of Classical vs Neoclassical Irrigation Efficiencies. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 46*(2), 343-351.

Lopez, E., Tarjuelo, M., & Daminguez, A. (2010). Effect of Irrigation Uniformity of the Profitability of Crops. *Agricultural Water Management*; *98*(1): 190-198.

Markley, P. & Allen, G. (2004). Sprinkle and Trickle Irrigation Lecture Notes (First Edition). Utah State University, Utah, USA

Merriam, J.L. & Keller, J. (1978). *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management*. Utah State University, Logan, Utah, USA.

Naderi, N., Ghadami Firouzabadi, A. & Froumadi, M. (2018). Technical Evaluation of Different Sprinkler Irrigation Systems in Field Condition. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.), 32*(3), 429-440.

Rolland, L. (1982). *Mechanized sprinkler irrigation (No. 35)*. Food & Agriculture Organization.

Hydraulic Evaluation of two Sprinkler Irrigation Systems (Linear) During the Growing Season in Qazvin Plain

M. Younesi, M. Mashal* and A. Uossef- Gomrokchi

* Corresponding Author: Assistant professor, Department of Water Engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: mmashal@ut.ac.ir
Received: 5 February 2022, Accepted: 11 May 2022

Introduction

Iran is a country with hot and dry climate and limited water resources, so the importance of management and optimal use of water resources is revealed. This limitation of water resources limits agricultural development. Droughts and rainfall reduction are the additional causes of water shortages and show the importance of saving more than ever. Nowadays, limitation of water resources and the approach of increasing production per unit area is one of the main policies for managing water consumption at farm level. Nowadays, with the development of pressurized irrigation systems, more flexibility has been achieved in irrigation management at farmers' farms, so that an irrigation system operator in pressurized irrigation method will be more able to manage water at farm or garden level. The aim of this study was to evaluate two pressurized irrigation systems (Linier) in a research pilot so that the effects of tendency to an efficient irrigation system in increasing water use efficiency index or reducing water losses will be investigated.

The results show that merely the use of pressurized irrigation systems is not a factor for increasing water efficiency index and an irrigation system should be properly designed, implemented and operated. At the time of operation, it should be regularly evaluated to prevent irrigation losses. Therefore, the aim of this study was to evaluate two pressurized irrigation systems (Linier) in a field located in the research station so that the effects of tendency to an efficient irrigation system in increasing water use efficiency index or reducing water losses have been investigated.

Methodology

Irrigation efficiency is a concept used in system design and management. This concept can be divided into two components: uniformity of distribution and irrigation losses. If the uniformity of the distribution is low or the losses are high, the irrigation efficiency will also be low. Several factors overshadow the amount of water use efficiency in a sprinkler irrigation system. These factors include changes in the discharge of each sprinkler along the pipe path, changes in water distribution in the area between sprinklers, water losses by direct evaporation from the mouth of the sprinkler, evaporation from the soil surface before use by the plant (Keller & Blinser, 1990). In this study, Kristiansen uniformity coefficients (CU), uniformity of water distribution in low quadrant (DU), low water use potential efficiency (PELQ) and actual water use efficiency in low quadrant (AELQ) were used to evaluate the performance of irrigation systems. Kristiansen's monolitheic coefficient is a suitable indicator to show the uniformity of water distribution in irrigation system. Distribution uniformity is an indicator that determines the uniformity of water application at farm level. Also, PELQ indicates how the existing system works in appropriate operation conditions. AELQ also shows how to operate a run system (Naderi et al., 2018).

In this study, 16 bottles with a distance of 2 meters were used in a 4-in-4 network to measure the uniformity of water distribution and each of the bottles had a diameter of 7 and a height of 20 cm. To evaluate the systems on the day of irrigation, bottles were placed in the field and after

passing the system through the bottles, the amount of water per bottle was measured and notes were taken. Considering the specific conditions of the field and in order to not affect the existence of wheels in water distribution data and to increase the accuracy of the data, field measurements with a distance of 6 meters from the wheels at the beginning of each span have been tested. In the wheat field for each aspen, 3 times (totally 9 times) (table 2) and in rapeseed field for two central aspens, 2 times (totally 4 times) (table 3) this was done. Also, in each measurement the location of the container network has changed. For this purpose, the first turn was at the beginning of the field, the second one was in the middle of the field and the third one was at the end of the field. Also, these data were taken at the time of wheat clustering and canola pod formation.

Results and Discussion

Based on acceptable yield thresholds in water distribution uniformity assessment index as mentioned in Table 5 and 6, Kristiansen uniformity coefficient (CU) for both wheat and rapeseed systems has been in the recommended range at all times. However, this coefficient has not been in the same range of changes for the two irrigation systems studied, whereas based on the uniformity coefficient of distribution (DU) in the irrigation system under rapeseed cultivation in two times of irrigation, it has been studied less than the acceptable period. The results of field evaluation based on CU index showed that the mean and standard deviation of wheat cultivation system were 89.38% and 2.83% and canola cultivation system was 76.85% and 5.99%, respectively. Also, based on DU index, the mean and standard deviation of wheat cultivation system were 83.92% and 4.83% and canola cultivation system was 70.31% and 7.33%, respectively. In other words, both irrigation systems were in an acceptable range in a general view. According to Rolland criteria, 1982, the difference of more than 20% of the system's operating pressure is a factor to reduce the uniformity of water distribution. According to Table 7, the pressure changes are less than 20% and this difference has not reduced the DU index. However, from the pathology point of view of irrigation system, non-uniformity of sprinklers of irrigation systems can be considered as the main reason for the non-uniform increase in water distribution.

From the perspective of potential water use efficiency (PELQ), evaluation of both systems showed that in five times, irrigation of wheat crop and in four times, irrigation of rapeseed crop has not been considered as an acceptable potential efficiency so that in a general attitude, the average and the standard deviation of the index in wheat culture system was 62.89% and 15.42% and in rapeseed culture system was 49.33% and 9.77%, respectively. This value indicates that the existing system does not match the existing land and farming conditions well and is badly designed.

By comparing du and PELQ values, there is a great difference between them (except for three times, irrigation of wheat crop), indicating the amount of water losses due to evaporation and wind blowing. The mean of evaporation and wind loss in wheat and rapeseed cultivation system was more than 20%, indicating incorrect management of the exploiter at the time of irrigation.

The combined study of PELQ and AELQ indices showed that the system has grown from the perspective of deficit irrigation during the period of operation. Table 8 mentions the overall results of evaluation of wheat and rapeseed irrigation systems.

Conclusions

In a general approach, the low evaluation indicators of the irrigation systems under the mentioned pressure indicate that in the absence of attention to the factors affecting during the operation period, it is not possible to expect the improvement of irrigation efficiency to mechanize the perceived irrigation. This means that the efficiency of mechanized irrigation systems such as Linier irrigation system and other irrigation systems (drip and sprinkler) varies in a wide range, which in case of not paying attention to the factors affecting during the

operation and design of the system, in some cases, the expected efficiency of these mechanized irrigation systems will not be obtained.

Acknowledgement

Mr. Sabzi, Mr. Hosseini Bai and Dr. Shahabifar are appreciated for their cooperation, assistance and availability of information in this research.

Keywords: Field Evaluation, Linear Irrigation System, Qazvin