Research Paper

Performance Evaluation of Center Pivot Irrigation Systems and Water Productivity in Some Farms of Semnan Province

Nader Naderi[1], Ali Ghadami Firouzabadi [2*]

[1] Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Semnan (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran
[2*] Associate Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

10.22125/IWE.2023.173252

Received:
November 24, 2021
Accepted:
February 26, 2021
Available online:
June 25, 2023

Keywords:
Efficiency, Uniformity, Water requirement, Water volume, Wheat

Abstract

By performance evaluation of irrigation systems, their performance can be improved. The purpose of this study was to evaluate the center pivot irrigation system in some fields of Semnan province. Also, the amount of water consumption was measured. For this purpose, center pivot irrigation systems were studied in three fields. Average potential and actual application efficiency (PELQ and AELQ), distribution uniformity (DU), uniformity coefficient (CU) and evaporation and wind losses in the studied fields were 69.1, 67.2, 76.7, 82.1 and 7.6% respectively. The average of the above parameters was good. The operation of center pivot systems was easier than other sprinkler systems due to the mechanization of center pivot systems. Technical problems in one system reduced uniformity and efficiency. The volume of water consumption in field 3 was less than the irrigation requirement thus deficit irrigation was done. Irrigation water productivity in alfalfa and wheat fields was 0.92 and 0.79 kg/m3, respectively. Paying attention to the irrigation program, observing the appropriate irrigation frequency, night irrigation to reduce evaporation and wind losses and paying more attention to educating farmers on proper operation of system were the important factors in increasing irrigation efficiency and water productivity.

1. Introduction

From the results of accurate evaluation of the irrigation system in a field, it can be concluded how to increase the irrigation efficiency in the field (Ebrahimi and Abedian, 1997). Ghaemi (2004) investigated the hydraulic performance of a center pivot irrigation system in a wheat field in Shiraz. The results showed that the values of CU, DU and AELQ were not acceptable. Nasrollahi et al, (2017) investigated the hydraulic performance of the center pivot irrigation system in different climatic conditions of the two center pivot systems in Shahriar and Eshtehard. Based on the results obtained for the center pivot system in Shahriar and Eshtehard, the values of CU were 70.2 and 88.2% and the DU for the studied systems were 47.87 and 81.3%,

* **Corresponding Author:** Nader Naderi
Address: Department of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Semnan (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran
Email: Naderi7367@yahoo.com
Tel: 02332222493

respectively. Fargh et al. (2017) using remote sensing, examined the performance of the center pivot irrigation system. The results showed that the CU in this system was good. Due to the problems of water shortage in the country and the development of new irrigation systems, including the center pivot system, the evaluation of these systems in each region is necessary to identify the existing weaknesses and eliminate them. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the center pivot systems implemented in Semnan province and determine water efficiency and water productivity in them and provide scientific and technical solutions to improve the management of these systems.

2. Materials and Methods

The technical evaluation of the system was performed according to ASAE 2003. Distribution uniformity (DU) was calculated from the following equation.

$$DU = \frac{x}{C} \times ۱۰۰ \quad (1)$$

Where:
X: Weighted mean of one quarter of the lowest samples
A: Weighted mean of total samples
The uniformity coefficient (CU) obtained from the following equation:

$$CU = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \overline{x_w}| S_i}{\sum_{i=1}^{n} |x_i S_i|}\right] \quad (2)$$

Where:

Xi: The amount of water collected in container number i

Si: The distance of container i from the center

Xw : Weighted mean of total samples

Application efficiency of low quarter (AELQ) is calculated from equation 3:

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (3)$$

The AELQ indicates the system operation problems. In equation 3 if the value of Dq is more than SMD, the value of SMD is placed instead of Dq (Ghasemzadeh Mojavari, 1998).

The potential efficiency of low quarter (PELQ) is used when the system has good management. The PELQ is calculated using Equation 4:

$$PELQ = \frac{Z_{lq.MAD}}{D_{MAD}} \times 100 \quad (4)$$

Where:

$Z_{lq.MAD}$: Mean depth of water in the lower quarter of the land, when SMD is compensated (mm).

D_{MAD}: Average depth of water used when MAD is compensated (mm).

When PELQ and AELQ are equal, the farmer has used deficit irrigation. Wind and evaporation losses (Ls) are calculated from the following equation:

$$Ls = DU - PELQ \quad (5)$$

Water productivity (WP) was calculated from the following equation.

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (6)$$

Where:

Y = Yield (kg/ha)

I = Irrigation water rate (m^3/ha)

3. Results

The results showed that PELQ, AELQ, DU, CU and L_s in the studied farms were 69.1, 67.2, 76.7, 82.1 and 7.6% respectively. The water consumption volumes in farms 1 to 3 were 4688, 13148 and 10120 m^3 respectively. The average volume of water consumption was 11634 for alfalfa and 4688 m^3/ha for wheat. Yield in farms 1 to 3 were 3300, 11100 and 10000 kg/ha and water productivities were 0.7, 0.84 and 0.99 kg/m^3, respectively.

4. Discussion and Conclusion

The average values of the indicators were good. Due to the mechanized nature of center pivot systems, they were easier to manage than other sprinkler systems. Technical defects in one of the systems had reduced uniformity and efficiency. The volume of water used in Farm 3 was less than water requirement and deficit irrigation was done. Improving the system management, using the irrigation planning table and paying more attention to educating farmers in the field of proper operation of the system were among the important factors in increasing irrigation efficiency and water productivity.

5. Six important references

1) Ebrahimi, H. and Y. Abedian. 1997. Criteria and principles for designing pressurized irrigation methods. General Directorate of Pressure Irrigation Systems Development.
2) Ghasemzadeh Mojaveri, F. 1998. Evaluation of farm irrigation systems. Astan Quds Razavi Publications [In Persian].
3) Ghaemi, A.A. 2004. Hydraulic evaluation and testing of Iranian made Center Pivot irrigation system. Journal of Agricultural Engineering Research, 5(19): 27-48.
4) Nasrolahi, Z., H. Babazadeh and M. SaraiTabrizi. 2017. Hydraulic evaluation of Center Pivot irrigation systems performance in different climate conditions. Journal of Environment and Water Engineering, 3(3): 225-234 [In Persian].
5) ASAE Standards. 2003. Test procedure for determining the uniformity of water-distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles. ANSI/ASAE Standard S436.1 DEC01. 931- 938.
6) Fargh, E., S. Arafat, M.S. Abd El-Wahed and A. El-Gindy . 2017. Evaluation of water distribution under center pivot irrigation systems using remote sensing imagery in eastern Nile delta. Egyptian Journal Remote Sensing Space Science, 20:13- 19.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو . تابستان ۱۴۰۲

بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری سنترپیوت و بهره‌وری مصرف آب در برخی از مزارع استان سمنان

نادر نادری[۱]، علی قدمی فیروزآبادی[۲]

تاریخ ارسال:۱۴۰۰/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۲/۰۷

مقاله پژوهشی

چکیده

با ارزیابی سیستم‌های آبیاری می‌توان عملکرد آنها را بهبود بخشید. این تحقیق با هدف ارزیابی سیستم های آبیاری سنترپیوت در برخی مزارع استان سمنان انجام شد، همچنین حجم آب مصرفی در مزرعه با نیاز آبی و سند ملی آب مورد مقایسه قرار گرفت. به این منظور سیستم آبیاری سنترپیوت در سه مزرعه مورد بررسی قرار گرفت. میانگین راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ)، رلندمان واقعی کاربرد (AELQ)، یکنواختی توزیع (DU)، ضریب یکنواختی (CU) و تلفات تبخیر و بادبردگی به ترتیب برابر ۶۹/۱، ۶۷/۲، ۷۶/۷، ۸۲/۱ و ۷/۶ درصد بود. میانگین شاخص‌های فوق در حد خوبی بود. با توجه به مکانیزه بودن سامانه‌های سنترپیوت مدیریت استفاده از آنها نسبت به سایر سامانه‌های بارانی راحت‌تر بود. اشکالات فنی در یکی از سیستم‌ها باعث کاهش یکنواختی و راندمان شده بود. حجم آب مصرفی در مزرعه ۳ کمتر از نیاز آبیاری بود و کم‌آبیاری صورت می‌گرفت. بهره‌وری آب آبیاری در مزارع یونجه بطور متوسط ۰/۹۲ و در مزرعه گندم ۰/۷۰کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. رعایت دور و زمان مناسب آبیاری، انجام آبیاری شبانه به منظور کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی و توجه بیشتر به آموزش کشاورزان در زمینه بهره‌برداری صحیح از سیستم از جمله عوامل مهم در افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آب بودند.

واژه‌های کلیدی: حجم آب، راندمان، گندم، نیاز آبی، یکنواختی.

[۱] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران. Naderi7367@yahoo.com (نویسنده مسئول)

[۲] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. aghadami@gmail.com

مقدمه

از روی نتایج ارزیابی دقیق سیستم آبیاری در یک مزرعه می‌توان به این نکته رسید که چگونه راندمان آبیاری در مزرعه را افزایش داد و متوجه این نکته شد که اشکالات آبیاری از چه ناحیه‌ای ناشی شده و آیا تغییرات جزیی در مشخصات سیستم باعث بهبود راندمان آبیاری خواهد شد یا خیر. چنانچه مدیریت مزرعه مناسب باشد و اشکال کار ناشی از طراحی باشد با یافتن نقاط ضعف می‌توان به اصلاح آن اقدام کرد و در صورتی‌که اشکال در مدیریت و بهره‌برداری از سیستم باشد با بهبود آن باعث صرفه‌جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده علاوه بر آن باعث افزایش محصول و بالا رفتن راندمان تولید خواهد شد(ابراهیمی و عابدیان، ۱۳۷۶). یکنواختی توزیع بالا در یک سیستم آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و کیفیت محصول عامل مهمی باشد به‌خصوص برای محصولات با ارزش بالا که تغییرات جزیی در یکنواختی آبیاری می‌تولند باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول شود. یک سیستم آبیاری با یکنواختی خوب سبب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود زیرا از آبیاری بیش از حد قسمت‌هایی از مزرعه جلوگیری می شود(لی، ۲۰۰۳). بررسی سیستم‌های آبیاری سنترپیوت اجرا شده در کانزاس نشان داد طراحی ضعیف و نگهداری نامناسب سیستم‌ها باعث کاهش یکنواختی پخش آب شده بود و این مساله بطور مستقیم عملکرد محصول، بهره‌وری آب و نتایج اقتصادی را تحت تاثیر قرار داده بود(روگرز و همکاران، ۲۰۱۸).

قائمی (۱۳۸۳) عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری سنترپیوت در یک مزرعه گندم در شیراز را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که مقادیر ضریب یکنواختی[1](CU)، یکنواختی پخش[2](DU) و راندمان واقعی کاربرد[3] (AELQ) در حد قابل قبول نبود.

دوست محمدی (۱۳۹۲) به منظور افزایش راندمان و یکنواختی پخش آب در سیستم سنترپیوت در یک مزرعه در قم این سیستم را مورد ارزیابی قرار دادند. ضریب یکنواختی و یکنواختی پخش در سیستم مورد بررسی در حد مطلوبی نبود. در پایان نتیجه گرفتند برای بهبود عملکرد سیستم بایستی آرایش آبپاش‌ها تغییر یلبد همچنین آبپاش‌های فرسوده که اندازه روزنه آنها به مرور زمان تغییر پیدا کرده بود، با آبپاش‌های نو تعویض شوند. نصراللهی (۱۳۹۶) عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری سنترپیوت در شرایط اقلیمی مختلف دو سامانه سنترپیوت در شهریار و اشتهارد را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج بدست آمده برای سیستم سنترپیوت در شهریار و اشتهارد مقدار ضریب یکنواختی به‌ترتیب ۷۰/۲ و ۸۸ و مقدار یکنواختی توزیع برای سیستم‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۴۷/۸۷ و ۸۱/۳ درصد بدست آمد. راندمان کاربرد آب برای این سیستم‌ها به‌ترتیب ۸۵ و ۸۱ درصد بدست آمد که مقدار نسبتاً بالایی بود و به لحاظ راندمان این سیستم‌ها وضعیت مناسبی داشتند. مقادیر محاسبه شده راندمان پتانسیل کاربرد[4] (PELQ) برای سیستم‌ها به‌ترتیب ۸۵/۳ و ۶۶/۵ درصد و قابل قبول بود. زبردست و همکاران (۱۳۹۶) توزیع مکانی پخش آب و کود تحت سیستم آبیاری بارانی دوار مرکزی را مورد بررسی قرار دادند. ضریب یکنواختی پخش آب در قوطی‌های اندازه‌گیری در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۸۴ و ۹۱ درصد بدست آمد. همچنین ضریب یکنواختی پخش کود

[1] - Uniformity Coefficient
[2] - Distribution Uniformity
[3] - Application Efficiency of Low Quarter
[4] - Potential Application Efficiency of Low Quarter

در کودآبیاری در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۶۹ و ۷۲ درصد بود. نتایج نشان داد ضریب یکنواختی پخش کود از ضریب یکنواختی پخش آب کمتر بود.

در تحقیقی یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری سنترپیوت اصلاح شده که قادر به ایجاد مقادیر مختلف عمق آب آبیاری در جهت‌های موازی (در امتداد بال آبیاری) و عمود بر سنترپیوت بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. یکنواختی نوزیع آب در سه سرعت مختلف حرکت سنترپیوت و هفت سطح متفاوت ضربان شیر مغناطیسی در جهت‌های موازی و عمود بر سنترپیوت محاسبه شد. نتایج نشان داد که سنترپیوت اصلاح شده قادر است آب را در محدوده یکنواختی قابل قبولی از ۸۲ تا ۹۶ درصد پخش نماید. همچنین یکنواختی توزیع آب با افزایش ضربان شیرهای مغناطیسی و کاهش سرعت حرکت سیستم افزایش یافت(هزارجریبی و همکاران، ۱۳۸۹).
طی پژوهشی مقادیر ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین و کفایت آبیاری برای سیستم سنترپیوت به ترتیب ۷۸، ۶۳، ۶۹، ۶۹ و ۴۹ درصد تعیین شد. در پایان مشخص شد که ضعف طراحی، عدم تطابق اجرا و طراحی و مدیریت بهره‌برداری نادرست از عوامل اصلی پایین بودن عملکرد سیستم بودند(احمدآلی و همکاران، ۱۳۹۶).

حسن نیا و همکاران (۱۳۸۹) یک مدل جدید و برنامه رایانه‌ای برای محاسبه عمق آب پخش شده و ضریب یکنواختی در سیستم آبیاری سنترپیوت ارائه نمودند. این مدل از الگوی توزیع آب اسپری نازل منفرد به‌عنوان ورودی استفاده نموده و الگوی توزیع آب سراسری سیستم را پیش‌بینی می‌نماید. فروغی و قائمی (۱۳۸۴) عمق بهینه آب آبیاری برای گیاه گندم و با سیستم آبیاری سنترپیوت را تعیین کردند. این کار با در نظر گرفتن آثار زیست محیطی برای سه خط مشی مختلف اقتصادی (بدون محدودیت، با محدودیت شستشوی کودها و با محدودیت زیست محیطی) انجام شد. نتایج نشان داد که عمق بهینه آبیاری برای مدیریت بدون محدودیت کمترین مقدار و برای مدیریت با محدودیت زیست محیطی بیشترین مقدار بود. ثنائی و همکاران (۱۳۹۴) دو سیستم آبیاری سنترپیوت در شهرستان‌های راین و بردسیر در استان کرمان را مورد بررسی قرار دادند. مقایسه این دو سیستم نشان داد سیستم آبیاری سنترپیوت راین با داشتن ضریب یکنواختی، کفایت آبیاری و همچنین یکنواختی پخش بالا ولی رلندمان کاربرد پایین و اختلاف رلندمان واقعی کاربرد با پتانسیل کاربرد آب نشان دهنده ضعف در طراحی، اجرا و نظارت بود. در شهرستان بردسیر مقدار راندمان واقعی کاربرد با مقدار پتانسیل کاربرد نزدیک بود.

طی پژوهشی به منظور تخمین الگوی توزیع آب در سیستم سنترپیوت یک مدل ریاضی توسعه داده شد. توزیع آب بطور ساعتی و روزانه توسط مدل تخمین زده شد و با نتایج داده‌های ماهواره‌ای مقایسه و ملاحظه شد مدل تخمین‌های درستی ارائه داده است (بن چارفی و همکاران، ۲۰۲۱).

لی و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از سیستم آبیاری سنترپیوت، سه سطح آبیاری شامل ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی را روی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب یونجه بررسی نمودند. آنها در نهایت نتیجه گرفتند که در اولین و دومین برداشت یونجه، آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی و در برداشت سوم محصول، آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی برای تولید یونجه در مناطق نیمه خشک قابل توصیه است.

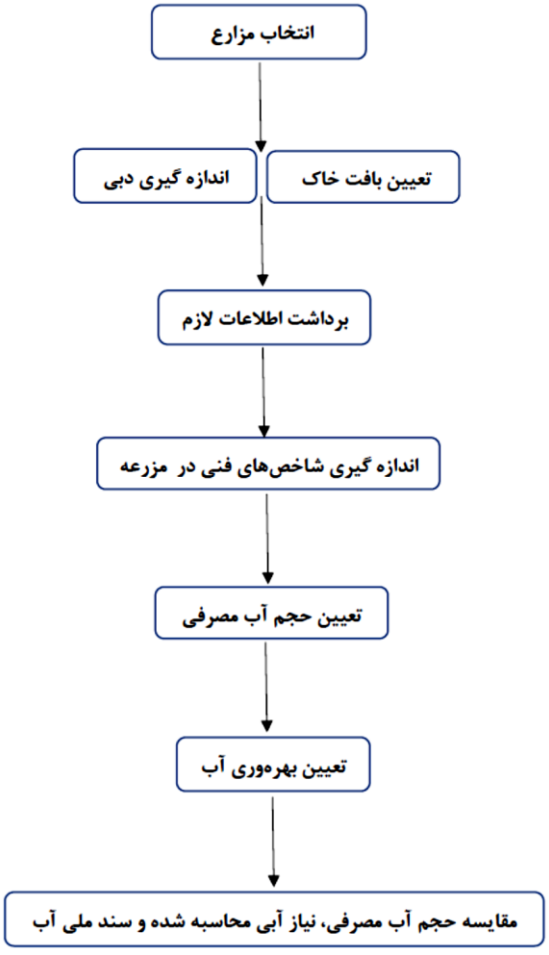
(جیان و همکاران، ۲۰۱۷) در سیستم آبیاری سنترپیوت دو نوع آبپاش RSP و FSPS را مورد مقایسه قرار دادند و ملاحظه شد یکنواختی پخش آب در آبپاش RSPS بیشتر بود. فرق و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از سنجش از دور در زمین‌های اطراف رود نیل عملکرد سیستم آبیاری سنترپیوت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج

نشان داد ضریب یکنواختی در این سیستم در حد خوبی قرار داشت. در تحقیقی راندمان پتانسیل کاربرد، راندمان واقعی کاربرد و توزیع یکنواختی برای سیستم سنترپیوت در طول فصل زراعی به ترتیب ۳۴/۹، ۳۴/۶ و ۴۷/۳ درصد به‌دست آمد. علت پایین بودن راندمان واقعی کاربرد، مشکل مدیریت در نحوه کاربرد سیستم تشخیص داده شد. برای بالا بردن کارآیی سیستم، افزایش سرعت دستگاه، تغییر نازل آبپاش‌ها، ایجاد حوضچه ترسیب و حذف جلبک‌ها، استفاده از گزینه‌های مختلف پاشنده‌ها و تامین مقدار آب متناسب با نیاز آبی گیاه پیشنهاد شده است(کریمی، ۱۳۸۰).

باتوجه به بحران منابع آب در استان سمنان و توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار از جمله سیستم سنترپیوت، ارزیابی این سیستم‌ها در هر منطقه برای شناخت نقاط ضعف موجود و رفع آنها ضروری است. لذا هدف این پژوهش ارزیابی سیستم‌های سنترپیوت اجرا شده در استان سمنان و تعیین بهره‌وری آب در آنها و ارائه راهکارهای علمی و فنی جهت بهبود اصلاح مدیریت این سیستم‌ها بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزارع تحت سیستم آبیاری سنترپیوت در استان سمنان انجام گرفت. مراحل اجرای تحقیق به صورت فلوچارت در شکل ۱ نشان داده شده است. جدول۱ مشخصات عمومی مزارع مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ارزیابی فنی سیستم مطابق با استاندارد انجمن مهندسان انجمن کشاورزی آمریکا انجام شد(ای اس ای ای، ۲۰۰۳). همچنین برای بررسی وضعیت بهره وری آب و مدیریت بهره‌برداری از سیستم توسط زارعین با مراجعه و بازدید از سیستم ها، اطلاعات لازم اندازه گیری و برداشت شدند. این اطلاعات شامل نحوه آبیاری، تاریخ کاشت و برداشت در هر فصل، تعداد آبیاری، طول دوره رشد و ... می باشد که نتایج در جدول ۱ ارایه شده است. شاخص‌های مورد ارزیابی فنی شامل راندمان پتانسیل چارک پایین، راندمان کاربرد چارک پایین، ضریب یکنواختی کریستین سن و یکنواختی توزیع بود (مریام و کلر، ۱۹۷۸). محدوده مجاز و توصیه شده شاخص‌های فوق در جدول ۲ ارایه شده است.



شکل(۱): مراحل اجرای تحقیق

Figure 1 Steps of conducting research

جدول (۱): اطلاعات مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری بارانی مطالعه شده

شماره مزرعه	نوع محصول	رقم	سطح زیر کشت (هکتار)	بافت خاک	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	طول دوره رشد (روز)	تعداد کل آبیاری
۱	گندم	پارسی	۲۳	سیلتی لومی	۱ آبان	۱۵ خرداد	۲۲۶	۱۲
۲	یونجه	قره یونجه	۹	شنی لومی	۱۵ اسفند	۱ آبان	۲۳۰	۳۲
۳	یونجه	همدانی	۲۵	لومی	۱ فروردین	۱۵ مهر	۱۵۵	۲۴

جدول (۲): محدوده مجاز شاخص‌های ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی (درصد)

ضریب یکنواختی	یکنواختی توزیع	راندمان پتانسیل کاربرد
۸۷-۸۱	۸۰-۶۷	۸۵-۶۵

یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی

ارزیابی سیستم‌های آبیاری سنترپیوت با ارزیابی روش‌های کلاسیک تا اندازه‌ای متفاوت است. از آنجایی که هرچه از نقطه محور دستگاه فاصله گرفته می‌شود محلی که نمونه‌ها در آن واقع می‌شوند، نشان دهنده‌ی بخش وسیع‌تری از اراضی می‌باشد، حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها را باید وزنی کرد. برای وزنی کردن نمونه‌ها، هر یک از آنها باید در یک ضریبی که مربوط به فاصله یا شماره محل آنهاست ضرب شوند. در اینجا فاصله از محل محور تا برج آخر به فواصل ۶ متر میخ کوبی شد و قوطی‌ها در محل میخ‌ها قرار گرفتند. ساده‌ترین روش وزن‌دهی شماره‌گذاری قوطی‌ها از مرکز به سمت انتهای دستگاه می‌باشد. بنابراین قوطی اول از سمت مرکز دستگاه شماره یک، قوطی دوم شماره دو و الی آخر شماره‌گذاری شدند و حجم آب درون هر قوطی در شماره محل قوطی ضرب و بدین ترتیب نمونه‌ها وزنی شدند. اکنون برای محاسبه یکنواختی پخش آب (DU)، بایستی حجم آب قوطی‌ها در هر ردیف به صورت نزولی مرتب شده و یک چهارم تعداد آنها از انتها جدا شده و مجموع این اعداد بر مجموع شماره قوطی‌های مربوط به آن ها تقسیم گردد. عدد به دست آمده همان میانگین وزنی یک چهارم پایین ترین نمونه‌ها خواهد بود. واحد عدد به دست آمده میلی لیتر(واحد حجم) است که اگر آن را بر سطح دهانه قوطی تقسیم کنیم به میلی متر(واحد عمق) تبدیل می شود. همچنین میانگین وزنی کل نمونه‌ها (C) از رابطه زیر محاسبه می شود (ASAE 2003):

$$C = \frac{A}{B} \quad (۱)$$

که در آن:

A: میانگین نمونه‌های وزنی

B: مجموع اعداد نمونه‌ها

$$DU = \frac{x}{C} \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

که در آن:

X : میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها

C : میانگین وزنی کل نمونه‌ها

همچنین ضریب یکنواختی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$CU = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \overline{x_w}| S_i}{\sum_{i=1}^{n} |x_i S_i|}\right] \quad (۳)$$

در این رابطه x_i میزان آب جمع شده در ظرف شماره i ، S_i فاصله ظرف شماره i از نقطه مرکز و x_w میانگین وزنی کل نمونه‌ها می‌باشد.

پس از استقرار قوطی‌ها، سامانه هنگام آبیاری از روی قوطی‌ها عبور کرد و بلافاصله پس از عبور، حجم آب جمع

شده در قوطی‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازگیری شد. سرعت باد نیز در زمان انجام آزمایش با استفاده از بادسنج سیار در هر منطقه بدست آمد.

راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین (AELQ)

برای تعیین راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین (AELQ) از رابطه ۴ استفاده می‌شود:

$$AELQ=\frac{D_q}{D_r}\times 100 \qquad (۴)$$

مقدار پایین راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین اشاره به مشکل مدیریت شیوه کاربرد سیستم دارد. اگر مقدار D_q از SMD بیشتر باشد در معادله فوق بجای D_q مقدار SMD قرار می‌گیرد(قاسم زاده مجاوری، ۱۳۷۷).

راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین (PELQ)

از راندمان پتانسیل آب در ربع پایین، برای مطابقت وضعیت سیستم با حالت مدیریت خوب، وقتی که عمق آبیاری بصورت مطلوب انتخاب شده باشد، استفاده می‌شود. راندمان پتانسیل آب در ربع پایین با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$PELQ=\frac{Z_{lq.MAD}}{D_{MAD}}\times 100 \qquad (۵)$$

که در آن:

$Z_{lq.MAD}$: میانگین عمق آب نفوذیافته در ربع پایین اراضی، زمانی‌که SMD جبران شده باشد.(mm)

D_{MAD}: متوسط عمق آب کاربردی زمانی که MAD جبران شده باشد (mm).

زمانی که آبیاری به اندازه کافی برای جبران SMD انجام نشود، PELQ و AELQ با هم برابر به دست می‌آیند و در این وضعیت کشاورز کم‌آبیاری انجام داده است. در این صورت متوسط عمق آب در ربع پایین نمونه‌ها از SMD کمتر است (علیزاده، ۱۳۸۵).

تلفات بادبردگی و تبخیر از تفاوت بین یکنواختی توزیع و راندمان پتانسیل چارک پایین محاسبه می‌شود(ای اس ای ای، ۲۰۰۳).

تلفات تبخیر و بادبردگی = DU- PELQ (۶)

تعیین حجم آب مصرفی

برای تعیین حجم آب مصرفی در هر یک از مزارع ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آب اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به مزرعه با پایش دقیق برنامه آبیاری مزرعه (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد) و همچنین سطح زیر کشت محصول، حجم آب مصرفی و عملکرد محصول برای هر کدام از مزارع منتخب اندازه‌گیری شد. پس از تعیین حجم آب مصرفی در هر مزرعه، نیاز آبی هر مزرعه نیز بر اساس داده‌های بلند مدت ۱۰ ساله‌ی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به روش پنمن مانتیث محاسبه و با مقادیر نیازآبی ارائه شده در سند ملی و کتاب نیاز آبی گیاهان زراعی مقایسه شد. شاخص بهره‌وری آب با استفاده از رابطه ۷ محاسبه گردید (نادری، ۱۳۹۵):

$$WP=\frac{Y}{I} \qquad (۷)$$

در این رابطه:

WP = بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد (کیلوگرم بر مترمکعب)

Y = محصول (کیلوگرم در هکتار)

I = میزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده شامل راندمان پتانسیل کاربرد، راندمان واقعی کاربرد، ضریب یکنواختی کریستیانسن و توزیع آب در ربع پایین و میزان تبخیر و بادبردگی برای مزارع مختلف در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشخص گردیده میانگین راندمان پتانسیل کاربرد در سیستم‌های بررسی شده ۶۹/۱ و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین ۶۷/۲ درصد می باشد. در این بررسی مقادیر CU وDU به‌طور متوسط برای

سیستم‌ها به ترتیب برابر ۸۲/۱ و ۷۶/۷ درصد بدست آمد. از طرفی همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد میزان تبخیر و بادبردگی ۷/۶ درصد می‌باشد که با نتایج حمدی و همکاران (۱۳۹۵)، فروغی و همکاران (۲۰۰۷) و میخک بیرانوند (۶۷) همسو است. تلفات تبخیر و بادبردگی می‌تواند یکی از علل کاهش یکنواختی در سیستم‌های مورد مطالعه باشد. در مواردی به‌دلیل این‌که آبیاری به اندازه کافی برای جبران SMD انجام نمی‌شد PELQ و AELQ با هم برابر بدست آمده‌اند در واقع در این وضعیت کشاورزان در مزرعه از کم‌آبیاری استفاده می‌کردند. این نتایج مشابه نتایج احمدآلی و همکاران (۱۳۹۶) می‌باشد.

همان‌طور که بیان شد میانگین شاخص‌های PELQ ، AELQ، CU و DU در مزارع ارزیابی شده به ترتیب برابر ۶۹/۱، ۶۷/۲، ۸۲/۱ و ۷۶/۷ درصد بدست آمد. مقادیر این شاخص‌ها نشان می‌دهد که عملکرد کلی سامانه‌ها در وضعیت خوبی قرار دارد. با توجه به اینکه سیستم سنترپیوت از یک نقطه ثلبت مرکزی آبگیری می‌کند لذا مدیریت سیستم آن راحت است. پایین بودن ارتفاع آبپاش‌ها و فاصله کم آنها (در حد ۳ متر) از عوامل عملکرد مناسب این سیستم بود. در این سیستم دبی آبپاش‌ها به طرف انتهای دستگاه افزایش می‌یافت زیرا سطح تحت آبیاری در آبپاش‌های انتهایی بیشتر بود. یکنواختی پخش متوسط در سیستم‌های سنترپیوت مقدار قابل قبولی بود. مقدار PELQ نیز در سیستم‌های ۱ و ۲ در محدوده‌ی استاندارد ۶۵ تا ۸۵ درصد بود و این نشان می‌دهد سیستم موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی داشته و خوب طراحی شده است.

مقادیر AELQ در سیستم‌های ۱ و ۲ بالاتر از ۶۵ درصد بود. علت آن مدیریت خوب دستگاه بود. از طرف دیگر اختلاف AELQ و PELQ ناچیز بوده و مبین این است که دستگاه‌ها عملکرد خوبی داشته‌اند. ارتفاع پایین تر آبپاش‌ها نسبت به سایر سامانه‌های آبیاری بارانی باعث می‌شود در سیستم‌های سنترپیوت تلفات تبخیر و باد کمتر باشد. پلایا و ماتئوس (۲۰۰۶) گزارش نمودند استفاده از ماشین‌های آبیاری نظیر سامانه سنترپیوت به جای سامانه ثابت موجب کاهش تلفات تبخیر و باد می‌شود.

جدول (۳): پارامترهای ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری سنترپیوت مطالعه شده (درصد)

شماره مزرعه	یکنواختی توزیع	ضریب یکنواختی	راندمان پتانسیل کاربرد	راندمان واقعی کاربرد	تلفات بادبردگی و تبخیر
۱	۸۱/۲	۸۳/۲	۷۳/۴	۷۰/۴	۷/۸
۲	۸۰/۴	۸۲/۶	۷۲/۲	۶۹/۷	۸/۲
۳	۶۸/۴۰	۸۰/۶۰	۶۱/۶۰	۶۱/۶۰	۷/۰
میانگین	۷۶/۶۷	۸۲/۱۳	۶۹/۱۰	۶۷/۲۳	۷/۶۷

مقادیر PELQ و ضریب یکنواختی در تمام سیستم‌ها به جز سیستم ۳ و یکنواختی توزیع در تمام سیستم‌ها در محدوده توصیه شده قرار داشتند. همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود مقادیر PELQ و CU در سیستم ۳ در حد قابل قبولی نیستند. در این سیستم، نشت آب در لوله اصلی بدلیل استهلاک سیستم باعث افت فشار و کاهش دبی آبپاش‌ها و در نهایت منجر به کاهش PELQ و CU شده است بنابراین با رفع مشکلات موجود و انجام تعمیرات لازم مقدار PELQ افزایش خواهد یافت. همچنین در این سیستم مقدار PELQ و AELQ برابر شد. این مطلب نشان می‌دهد که حداقل آب داده شده به زمین کمتر از کمبود رطوبتی خاک بوده است و نوعی کم‌آبیاری در مزرعه اتفاق افتاده است. نشت آب در سامانه و در نتیجه فشار و دبی پائین آبپاش‌ها و دور آبیاری بالا از عوامل موثر بر این موضوع بوده است. بنابراین با مدیریت درست سیستم می‌توان راندمان آبیاری را افزایش داد. حمدی و همکاران (۱۳۹۵) به نتایج مشابهی دست یافتند.

اندازه‌گیری حجم آب مصرفی و مقایسه آن با نیاز واقعی و سند ملی آب

در این پژوهش متوسط حجم آب مصرفی در مزارع مورد مطالعه تعیین شد. سپس نیاز خالص آبیاری از سند ملی آب بدست آمد همچنین نیاز خالص آبیاری با استفاده

از روش پنمن- مانتیس[1] و آمار هواشناسی محاسبه شد. نتایج در جدول ۴ ارایه شده است. حجم آب مصرفی در مزارع شماره ۱ تا ۳ به‌ترتیب برابر ۴۶۸۸، ۱۳۱۴۸ و ۱۰۱۲۰ متر مکعب در هکتار بدست آمد. میانگین حجم آب مصرفی برای یونجه ۱۱۶۳۴ و برای گندم ۴۶۸۸ متر مکعب در هکتار بدست آمد. بر اساس گزارش‌های متعدد، نیاز آبی یونجه در طول دوره رشد ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر در سال بسته به شرایط آب و هوایی متغیر می‌باشد که در تحقیق حاضر نیز حجم آب مصرفی یونجه در مزارع مورد بررسی در همین محدوده قرار گرفت(بهنام فر و همکاران، ۱۳۹۳). متوسط آب مصرف شده در آبیاری یونجه در کلرادو برابر ۱۳۳۰۰ مترمکعب در هکتار اعلام شده است (برادا، ۲۰۰۵). ابراهیمی پاک و همکاران (۱۳۹۳) نیاز آبی یونجه در قزوین را ۱۶۷۰ میلیمتر تعیین کردند. کیخایی و گنجی (۱۳۹۵) حجم آب مصرفی گندم با آبیاری کامل را برابر ۴۴۷۳ متر مکعب در هکتار بدست آوردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. نیاز آبی گندم در استان فارس ۶۸۲۲ متر مکعب در هکتار و در تبریز ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار گزارش شده است. در پژوهشی در آریزونای آمریکا نیاز آبی گندم ۴۹۵ میلیمتر بوده است(عناب میلانی و زمانی، ۱۳۹۳). همانگونه که در جدول۴ ملاحظه می شود، در مزرعه ۳ مقدار آب آبیاری کمتر از نیاز آبیاری بوده است و کم‌آبیاری صورت گرفته است. یکی از عوامل مهم در کارایی مناسب یک سیستم آبیاری تحت فشار برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و استفاده از حجم مناسب آبیاری در زمان لازم است.

جدول (۴): حجم آب مصرفی، نیاز آبی محاسبه شده و سند ملی آب در مزارع مورد مطالعه

ردیف	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	نیاز خالص آبیاری (مترمکعب در هکتار)	
		محاسبه شده*	سند ملی
۱	۴۶۸۸	۳۱۷۱	۲۵۸۰
۲	۱۳۱۴۸	۱۲۳۷۷	۸۹۸۰
۳	۱۱۲۵۰	۱۳۵۰۰	۱۳۱۲۰

جدول برنامه‌ریزی آبیاری که در دفترچه‌های طراحی سیستم وجود دارد به عنوان یک ابزار ساده و موثر در این زمینه مطرح می‌باشد. بهتر است جدول برنامه‌ریزی آبیاری برای استفاده بهره‌بردار در محل مناسب مانند ایستگاه پمپاژ بر روی دیوار نصب شده و نحوه استفاده از آن نیز به بهره‌بردار آموزش داده شود. مقدار آب داده شده را می‌توان با کنتور یا سایر وسایل اندازه‌گیری آب عبوری کنترل نمود. همچنین با دستگاه های رطوبت سنج خاک می توان رطوبت خاک را اندازه گیری نمود و به محض رسیدن رطوبت خاک به حد مورد نظر آبیاری را انجام داد. این دستگاه ها تنوع زیادی دارند. انواع نوترون متر، تی دی آر (TDR) در این دسته قرار می گیرند. رطوبت خاک را به روش دستی یا وزنی نیز می توان اندازه گیری کرد که روشی کم هزینه ولی وقت گیر است که عملاً کمتر برای برنامه ریزی آبیاری مورداستفاده قرار می گیرد. ابزارها و ادوات برنامه ریزی آبیاری که در فوق به آنها اشاره شد معمولا به صورت دستی مورد استفاده قرار می گیرند. لیکن ابزار برنامه ریزی آبیاری را می‌توان با استفاده از سامانه‌های الکترونیکی به پمپ یا شیرهای برقی متصل نمود و عمل قطع و وصل جریان آب بدون دخالت مستقیم انسان انجام می‌شود. باید توجه داشت که برای استفاده از این سیستم‌ها نیاز به تامین و انتقال الکتریسیته به محل استقرار دستگاه یا سامانه انرژی خورشیدی یا باتری است که باید به این هزینه‌ها نیز توجه داشت(عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). منافع مورد انتظار در برنامه‌ریزی آبیاری عبارتند از: صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری،

[1] - Penman Monteith

افزایش کمیت و کیفیت محصـــول، کاهش هزینـه پمپاز شـــامل هزینه‌های ســـوخت، برق و تعمیرات موتور پمپ، کاهش هزینه‌های کارگری و پرســنلی برای آبیاری، کاهش هزینه کوددهی با کاهش شـســتشـوی مواد مغذی خاک و کاهش فرسایش منابع آب و خاک.

عملکرد محصول و بهره وری مصرف آب

زمان شـــروع و خاتمه آبیاری در مزارع منتخب و تعداد آبیاری‌ها در طول فصـــل زراعی در جدول ۵ آورده شـــده است. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود بیشترین تعداد نوبت آبیاری مربوط به مزرعه شـــماره ۲ و محصـــول یونجه با ۳۲ نوبت آبیاری بود.

نتایج مربوط به عملکرد و بهره‌وری آب نیز در جدول ۵ ارایه شده است. عملکرد محصول در این مزارع به‌ترتیب برابر ۳۳۰۰، ۱۱۱۰۰ و ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در سال‌های اخیر ۴/۳ میلیون تن یونجه خشک در کشور تولید شده است و میانگین عملکرد آن ۹۸۳۸ کیلوگرم در هکتار بوده است(ابراهیمی پاک، ۱۳۹۳). ملاحظه می‌شود عملکرد یونجه در مزارع مورد بررسی در این تحقیق نیز مشابه میانگین کشوری می‌باشد. در تحقیقات انجام شده در ایالت کلرادوی آمریکا نیز میانگین عملکرد یونجه ۱۰/۱۳ تن علوفه خشک در هکتار گزارش شده است است (برادا، ۲۰۰۵). متوسط عملکرد گندم در کشور ۴۱۵۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که عملکرد بدست آمده در مزرعه مورد بررسی در این تحقیق از میانگین کشوری کمتر است. در تحقیقی در زابل عملکرد گندم ۴۲۸۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد(کیخایی و گنجی، ۱۳۹۵). طی تحقیقات انجام شده، عملکرد گندم در آریزونای آمریکا نیز ۴/۱ تن در هکتار گزارش شده است (عناب زمانی و میلانی، ۱۳۹۳).

جدول (۵): متوسط عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع مورد بررسی

ردیف	محصول	تاریخ اولین آبیاری	تاریخ آخرین آبیاری	تعداد آبیاری‌ها	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)
۱	گندم	اول آبان	اوایل خرداد	۱۲	۴۶۸۸	۳۳۰۰	۰/۷۰
۲	یونجه	اواسط اسفند	اواسط مهر	۳۲	۱۳۱۴۸	۱۱۱۰۰	۰/۸۴
۳	یونجه	اول فروردین	آخر شهریور	۲۴	۱۰۱۲۰	۱۰۰۰۰	۰/۹۹

بهره وری مصرف آب

افزایش بهره وری و یا کارایی مصـرف آب اصـولاً از دو طریق امکانپذیر اســت: به ازای ثابت نگاه داشـــتن میزان تولید محصـــول در ســـطح کنونی و کاهش آب مصـــرفی، افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصـــرفی. بدین معنی که بـا حفظ منـابع آبی موجود، میزان محصـــول تولیـدی را افزایش دهیم. نکته قابل توجه این اســت که دســتیابی به اهداف فوق الذکر بدون بکارگیری برخی از روش‌ها از جمله تغییر الگوی مصرف آب و بهبود مدیریت منابع آبی موجود، امکان‌پذیر نمی‌باشـــد(قاســـم نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). بهره‌وری مصـرف آب در مزارع شـماره ۱ تا ۳ به‌ترتیب برابر ۰/۷، ۰/۸۴ و ۰/۹۹ کیلوگرم برای هر مترمکعب در هکتار بدست آمد(جدول ۵). بهنام فر و همکاران (۱۳۹۳) گزراش نمودند که با آبیاری کامل یونجه بالاترین عملکرد علوفه تر و خشـــک به ترتیب به میزان ۷۵/۶ و ۱۷/۵ تن در هکتار تولید گردید و کارایی مصرف آب برای تولید علوفه خشک ۰/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد.

پژوهش‌ها نشان داده است کارایی مصرف آب گندم در طی ســـال‌های ۸۲-۷۷ در مناطق کرج، مشـــهد و ارومیه در محدوده ۱/۳-۰/۴ کیلوگرم بر متر مکعب قرار داشـته است که نسـبت به دامنه گزارش شـده توسـط سـازمان خواربار جهـانی فـائو (۱-۰/۸ کیلوگرم بر متر مکعب) بـالاتر بوده است (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۷). لذا نتایج پژوهش حاضر نشـان می‌دهد که متوسـط بهره‌وری مصـرف آب در مزارع مورد بررسی مشابه نتایج گزارش شده توسط سایر محققین در کشـــور می‌باشـــد. این نتایج نشـــان می‌دهد اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی در مزارع موثر بوده است لکن با

دقت بیشتر در برنامه‌ریزی آبیاری امکان افزایش این مقادیر نیز وجود دارد.

نتیجه گیری

تحقیق حاضر برای شناخت مشکلات سامانه‌های آبیاری سنترپیوت و ارایه راهکارهای بهبود عملکرد این سامانه‌ها همچنین اندازه‌گیری حجم آب مصرفی واقعی در مزرعه و مقایسه آن با نیاز آبی و سند ملی آب و نیز تعیین بهره‌وری آب در استان سمنان انجام شد. نتایج نشان داد میانگین رلندمان پتانسیل کاربرد آب (PELQ)، رلندمان واقعی کاربرد آب (AELQ)، یکنواختی توزیع (DU) ضریب یکنواختی (CU) و تلفات تبخیر و بادبردگی در مزارع مورد بررسی به ترتیب برابر ۶۹/۱، ۶۷/۲، ۷۶/۷، ۸۲/۱ و ۷/۶ درصد بود. میانگین شاخص‌های فوق در حد خوبی بود. با توجه به مکانیزه بودن سامانه‌های سنترپیوت مدیریت استفاده از آنها نسبت به سایر سامانه‌های بارانی راحت‌تر بود. اشکالات فنی در یکی از سیستم‌ها باعث کاهش یکنواختی و راندمان شده بود. حجم آب مصرفی در مزرعه ۳ کمتر از نیاز آبیاری بود و کم‌آبیاری صورت می‌گرفت. بهره‌وری آب در مزارع یونجه بطور متوسط ۰/۹۲ و در مزرعه گندم ۰/۷۰کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. توجه به برنامه آبیاری ارائه شده در دفترچه طراحی، رعایت دور و زمان مناسب آبیاری، انجام آبیاری شبانه به منظور کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی و توجه بیشتر به آموزش کشاورزان در زمینه بهره‌برداری صحیح از سیستم از جمله عوامل مهم در افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آب بودند.

منابع

ابراهیمی، ح. و ی . عابدیان.۱۳۷۶. معیارها و مبانی طراحی روشهای آبیاری تحت فشار. اداره کل توسعه سیستم های آبیاری تحت فشار.

ابراهیمی پاک، ن.ع.، ا. تافته و ح. بابازاده. ۱۳۹۳. بررسی توابع تولید محصول یونجه به منظور برآورد عملکرد در سطوح مختلف آبیاری در منطقه قزوین. تحقیقات آب و خاک ایران، جلد۴۵، شماره۲، ص ۱۴۵-۱۳۵.

احمدالی، خ.، ی. حمدی، ن. حسینی پژوه و ع.ع. پورمحسنی. ۱۳۹۶. بررسی وضعیت سامانه‌های آبیاری بارانی با تاکید بر شاخص‌های ارزشیابی و مسائل بهره‌برداری. تحقیقات آب و خاک ایران، جلد۴۸، شماره۵، ص ۱۰۵۲-۱۰۴۳.

بهنام فر، ک.، س.ع. سیادت، ع.م. بخشنده و ع.ا. جعفری، .۱۳۹۳. بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب در چهار رقم یونجه(Medicago sativa) در شرایط آب و هوایی خوزستان-اهواز. علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی). جلد۳۷، شماره۳، ص۷۱-۶۳.

ثنایی، ا.، ز. ایزدپناه و س. برومند نسب. ۱۳۹۴. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری عقربه‌ای اجرا شده در شهرستان‌های بردسیر و راین استان کرمان. مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی)، جلد۳۸، شماره۲، ص۱۸۰-۱۷۱.

حسن نیا، ر.د.، ع.ا. صدرالدینی، ا.ح. ناظمی و د. فرسادی زاده. ۱۳۸۹. مدل دینامیکی الگوی توزیع آب توسط سیستم آبیاری سنترپیوت. مجله دانش آب و خاک، جلد۱، شماره۳، ص۱۳۴-۱۱۹.

دهقانی سانیج، ح.، م.م. نخجوانی مقدم و م. اکبری. ۱۳۸۷. بررسی کارایی مصرف آب بر اساس مزایای نسبی مناطق کم‌آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. جلد۲، شماره۱، ص۹۱-۷۷.

دوست محمدی، م.م.، ا. سلطانی محمدی و ه. رضایی راد. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکردسیستم آبیاری دوارمرکزی Center Pivot مطالعه موردی استان قم. اولین همایش ملی بحران آب. اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

زبردست، ش.، ت. سهرابی و ح. ابراهیمیان. ۱۳۹۶. بررسی توزیع مکانی پخش آب و کود تحت سامانه آبیاری بارانی دوار مرکزی. تحقیقات آب و خاک ایران، جلد۴۸، شماره۳، ص ۵۳۲-۵۲۵.

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد۱۸، شماره۶۷، ص ۱۲۸-۱۱۳.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار. دانشگاه امام رضا.

عنابی میلانی، ا. و ص.ع. زمانی. ۱۳۹۳. تاثیر روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد۲۸، شماره۳، ص ۵۰۲-۴۸۹.

فروغی، ف. و ع.ا. قائمی. ۱۳۸۴. تعیین عمق بهینه آب آبیاری گندم بر اساس خط مشی‌های مختلف مدیریتی در آبیاری بارانی عقربه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد۹، شماره۲، ص ۱۴-۱.

قاسم‌زاده مجاوری، ف. ۱۳۷۷. ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع. انتشارات آستان قدس رضوی.

قاسمی نژاد رائینی، م.ر.، ص. معروفی، م.و. زارع کهن و ع. ملکی. ۱۳۹۴. بررسی شاخص بهره‌وری آب و مقایسه آن با شرایط فعلی مزارع گندم. علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی). جلد۳۸، شماره۱، ص ۷۷-۷۱.

قائمی، ع.ا. ۱۳۸۳. ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای (Center Pivot) ساخت داخل کشور و بررسی مشکلات فنی آن. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد۵، شماره۱۹، ص ۴۸-۲۷.

کریمی، م. ۱۳۸۰. عملکرد دستگاه آبیاری دورانی در مغان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد۲، شماره۸، ص ۴۹-۳۸.

کیخایی، ف. و ن. گنجی خرم دل. ۱۳۹۵. تاثیر کم‌آبیاری با دو روش نواری و شیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد۳۰، شماره۱، ص ۱۱-۱.

نادری، ن. ۱۳۹۵. تاثیر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD) در حالت ثابت و متغیر بر عملکرد علوفه و بهره‌وری آب گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. رساله دکتری. ۱۷۴ صفحه.

نصرالهی، ز.، ح. بابازاده و م. سرائی تبریزی. ۱۳۹۶. ارزیابی هیدرولیکی عملکرد سامانه آبیاری سنترپیوت در شرایط متفاوت اقلیمی. مجله محیط زیست و مهندسی آب، جلد۳، شماره۳، ص ۲۳۴-۲۲۵.

هزارجریبی، ا.، ح. شریفان، ح. انصاری و ب. سهرابی. ۱۳۸۹. ارزیابی یکنواختی توزیع آب با شدت متغیر از یک دستگاه آبیاری سنترپیوت اصلاح شده. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد۱۷، شماره۱، ص ۱۴۳-۱۲۹.

ASAE Standards. 2003. Test procedure for determining the uniformity of water-distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles, ANSI/ASAE Standard S436.1 DEC01. 931- 938.

Ben Charfi, I., C. Corbari, D. Skokovic, J. Sobrino and M. Mancini. 2021. Modeling of water distribution under center pivot irrigation technique. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 147(7): 1-10.

Berrada, A. 2005. Alfalfa response to water deficit using subsurface drip irrigation. Colorado State University, Agricultural experiment station. Technical Bull. 36-43.

Fargh, E., S. Arafat, M.S. Abd El-Wahed and A. El-Gindy. 2017. Evaluation of water distribution under center pivot irrigation systems using remote sensing imagery in eastern Nile delta. Egyptian Journal Remote Sensing Space Science, 20:13- 19.

Jian, J., W. Yadong, H. Liliang and S. Derong. 2017. Comparison of water distribution characteristics for two kinds of sprinklers used for center pivot irrigation systems. Application Science, 7(4):410-421.

Keller, J. and R. Bliesner. 1990. Sprinkler and trickle irrigation. Published by Van Nostrand Reinhold.

Ley, T. 2003. Irrigation system evaluation. Washington State University Cooperative Extension.

Li, M., Y. Liu, H. Yan, and R. Sui. 2017. Effects of irrigation amount on alfalfa yield and quality with a center

pivot system. Transactions of the ASABE, 60(5): 1633-1644.
Merriam, J.L. and J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, United States University, Logan. PP: 271.
Playa, E. and L. Mateus. 2006. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. Journal of Agricultural Water Management, 80(1):100- 116.
Rogers, D.H., J. Aguilar and V. Sharda. 2018. Kansas center pivot uniformity evaluation overview. Applied
Engineering in Agriculture, 35(6): 867-874.

Performance Evaluation of Center Pivot Irrigation Systems and Water Productivity in Some Farms of Semnan Province

Nader Naderi[1], Ali Ghadami Firouzabadi[2]

Abstract:

By evaluating irrigation systems, their performance can be improved. The purpose of this study was to evaluate the center pivot irrigation system in some fields of Semnan province. Also, the amount of water consumption in the field was compared with the water requirement and the national water document. For this purpose, center pivot irrigation systems were studied in three fields. Average potential and actual application efficiency (PELQ and AELQ), distribution uniformity (DU), uniformity coefficient (CU) and evaporation and wind losses were 69.1, 67.2, 76.7, 82.1 and 7.6% respectively. The average of the above parameters was good. The operation of center pivot systems was easier than other sprinkler systems due to the mechanization of center pivot systems. Technical problems in one system reduced uniformity and efficiency. The volume of water consumption in field 3 was less than the irrigation requirement thus deficit irrigation was done. Irrigation water productivity in alfalfa and wheat fields was 0.92 and 0.79 kg/m^3, respectively. Considering appropriate irrigation frequency and time, night irrigation to reduce evaporation and wind losses and paying more attention to educating farmers on proper operation of system were the important factors in increasing irrigation efficiency and water productivity.

Key words: Efficiency, Uniformity, Water requirement, Water volume, Wheat.

[1] Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Semnan (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran. Naderi7367@yahoo.com (Corresponding Author)

[2] Associate Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. aghadami@gmail.com