Journal of Water and Soil Science
Vol. 30, No. 3, 2026, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901

Evaluation of the Uniformity of the Center Pivot Irrigation System and its Effect on Canola Yield, Soil Nitrate and Salinity

Pouria Shirian, Mohammad Mehdi Matinzadeh*, Mohammad Shayannejad and Mahdi Gheysari[1]

(Received: May 30-2026; Revised: August 17-2026; Accepted: August 26-2026)

1- Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author, Email: matinzadeh@iut.ac.ir

Abstract

In many Iranian agricultural farms, center-pivot sprinkler irrigation is widely used as a modern irrigation method. However, improper design, installation, or operation of these systems can reduce their actual irrigation efficiency. Consequently, non-uniform water distribution along the lateral may occur, resulting in localized waterlogging or runoff. These conditions can adversely affect plant growth and alter nitrate distribution and salinity levels in the soil. Two existing center pivot irrigation systems were evaluated at the farm of Qiam Agricultural and Industrial Company in Isfahan. In this evaluation, the average indices of the Christian-Sen uniformity coefficient CU (C), the distribution uniformity coefficient DU, the Hayman and Hein uniformity coefficient CU (H), the potential efficiency of application in the lower quadrant PELQ, and the actual efficiency of application in the lower quadrant AELQ for the two irrigation machines were calculated to be 67%, 57%, 65%, 45%, and 54%, respectively. Comparison of the results with the acceptable ranges for these indices showed that the two systems did not achieve acceptable irrigation efficiency. The results of the study also showed that the volume of water discharged from the different spans varied, with the highest and lowest volumes of discharged water observed in the first and last spans, respectively. Therefore, due to the non-uniform distribution of water across the spans in the studied center-pivot irrigation system, soil samples were collected from beneath different spans to investigate residual soil nitrate concentrations, the salinity of the saturated soil extract, and rapeseed yield. A completely randomized block design was used to compare their means. The results showed that the first span with higher water intake had the highest canola dry weight (1.19 kg/m2), the lowest saturated soil extract salinity (1.67 dS/m), and the lowest residual nitrate in the soil (4.93 mg/kg). The last span with lower water intake had the lowest canola dry weight (0.44 kg/m2), the highest saturated soil extract salinity (3.33 dS/m), and the lowest residual nitrate in the soil (2.203 mg/kg). There was a significant difference at the 1% level between the parameters in different spans. Therefore, it is recommended to use accurate, real-time management tools suited to the crop and climatic conditions of the region to achieve more uniform crop performance across all spans of the center-pivot irrigation system.

Keywords: Sprinkler irrigation, Irrigation machine, Sprinkler flow rate, Soil leaching

How to cite this article: Shirian,P., M.M. Matinzadeh, M. Shayannejad and M. Gheysari. 2026. Evaluation of the Uniformity of the Center Pivot Irrigation System and its Effect on Canola Yield, Soil Nitrate and Salinity. *J. Water and Soil Sci.* 30(3): 97-112. DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901

Copyright © 2026 Shirian et al. Published by Isfahan University of Technology.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

نشریه علوم آب و خاک
سال سی‌ام/ شماره سوم / پاییز ۱۴۰۵/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۹۷ تا ۱۱۲ DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901

بررسی یکنواختی پاشش سامانه آبیاری عقربه‌ای و اثر آن بر عملکرد محصول کلزا، نیترات و شوری خاک

پوریا شیریان، محمدمهدی متین‌زاده*، محمد شایان نژاد و مهدی قیصری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۳/۹ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۵/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۶/۴)

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: matinzadeh@iut.ac.ir

چکیده

در بیشتر مزارع کشاورزی ایران سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای یک روش حرفه‌ای در آبیاری نوین است که گاهاً طراحی یا اجرای نادرست این سامانه بازده واقعی را کاهش می‌دهد که باعث عدم توزیع آب در طول لترال، عدم یکنواختی پخش و ایجاد شرایط ماندابی یا رواناب می‌شود که درنهایت بر میزان رشد گیاه و همچنین میزان نیترات و شوری خاک اثر می گذارد. به این منظور در مزرعه شرکت کشت و صنعت قیام اصفهان دو سامانه آبیاری عقربه‌ای موجود مورد ارزیابی قرار گرفت. در این ارزیابی متوسط شاخص‌های ضریب یکنواختی کریستین – سن CU(C)، ضریب یکنواختی توزیع DU، ضریب یکنواختی هیمن و هین CU(H)، بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین PELQ و بازده واقعی کاربرد در ربع پایین AELQ برای دو ماشین آبیاری به ترتیب برابر با ۶۷٪، ۵۷٪، ۶۵٪، ۴۵٪ و ۵۴٪ محاسبه شده است. تحلیل نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه آن با محدوده مجاز شاخص‌های به‌دست‌آمده نشان داد، این دو سامانه از کارایی قابل قبولی برخوردار نبودند. همچنین نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که حجم آب خروجی از اسپن‌ها با یکدیگر متفاوت است؛ به‌طوری که بیشترین و کمترین حجم آب خارج‌شده به ترتیب در اولین و آخرین اسپن دیده شد؛ بنابراین با توجه به عدم توزیع یکنواخت حجم آب در سامانه آبیاری عقربه‌ای مد نظر، به منظور بررسی میزان نیترات باقیمانده در خاک، شوری عصاره اشباع خاک و عملکرد گیاه کلزا در زیر اسپن‌های مختلف نمونه‌برداری و برای مقایسه میانگین آنها از طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد که در اسپن اول با دریافت آب زیادتر دارای بیشترین وزن خشک کلزا (۱/۱۹kg/m²) و کمترین شوری عصاره اشباع خاک (۱/۶۷ds/m) وکمترین میزان نیترات باقیمانده در خاک (۹۳/۴mg/kg) بوده و اسپن آخر با دریافت آب کمتر دارای کمترین وزن خشک کلزا (۰/۴۴kg/m²) و بیشترین شوری عصاره اشباع خاک(۳/۳۳ ds/m) و میزان نیترات باقیمانده در خاک (۲۰۳/۲mg/kg) است و اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین پارامترهای یادشده در اسپن‌های مختلف وجود دارد؛ بنابراین توصیه می‌شود برای دستیابی به عملکرد یکنواخت‌تر محصول در تمام اسپن‌های مختلف سامانه آبیاری عقربه‌ای از ابزارهای مدیریتی دقیق و برخط متناسب با شرایط کشت و اقلیم منطقه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، ماشین آبیاری، دبی آبپاش، آبشوئی خاک

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

مقدمه

گستره پهناوری از ایران از لحاظ اقلیمی در وضعیت خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و با توجه به شرایط مزارع ایران که به شدت به آب وابسته است، می‌توان گفت آب محدودکننده‌ترین عنصر موجود برای کشاورزی ایران است. از طرفی رشد روزافزون جمعیت و همچنین محدودیت منابع آب ما را به سمت سامانه‌های نوین آبیاری با بهره‌وری و راندمان زیاد سوق می‌دهد. از نمونه سامانه‌های نوین می‌توان از آبیاری تحت فشار بارانی یاد کرد که به عنوان یک سامانه آبیاری با بازدهی زیاد استفاده می‌شود. در این روش آبیاری توزیع آب در اتمسفر به صورت قطرات ریز شبیه باران است که با جریان تحت فشار آب از روزنه‌های آبپاش به بیرون پرتاب می‌شود (۱۸). سامانه‌های آبیاری معروف به آبیاری دوار مرکزی که به آن آبیاری عقربه‌ای نیز گفته می‌شود، یکی از معمول‌ترین و بهترین روش‌های آبیاری در زمین‌های بزرگ بیش از ۲۰ هکتار، یکپارچه و مکانیزه است. مکانیسم این سامانه به گونه‌ای است که یک لوله لترال با قطر زیاد که تعدادی آبپاش روی آن مستقر شده‌اند، روی چند برج چرخ‌دار (اسپن) که در قسمت بالای گیاه مستقر شده است و لترال به آرامی و با سرعتی قابل تنظیم دور یک نقطه مرکزی مانند پرگار در چرخش است. آب آبیاری توسط یک لوله اصلی که تقریباً در تمامی موارد زیرزمینی تعبیه شده است، از نقطه مرکزی وارد لترال می‌شود و سامانه در هر دور چرخش، مساحتی دایره‌ای به شعاع طول لوله لترال را آبیاری می‌کند (۱۵). نادری و همکاران نشان دادند که در سه مزرعه از مزارع استان سمنان که توسط سامانه آبیاری عقربه‌ای آبیاری می‌شد، میانگین ضرایب یکنواختی کریستین – سن (Cu) و یکنواختی توزیع (Du) و همچنین راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ) و بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) به ترتیب ۷۶/۷ و ۸۲/۱ و۲/ ۶۷ و ۶۹/۱ درصد محاسبه شد که این اعداد نتایج خوبی از ارزیابی سامانه آبیاری عقربه‌ای را گزارش کردند (۱۶). نتایج بررسی الحاج و همکاران در دارمالی سودان نشان داد که عملکرد هیدرولیکی CU و PELQ برای سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای تحت تأثیر شیوه‌های مختلف مدیریتی قرار گرفته است که نشان‌دهنده عدم انطباق با مشخصات طراحی در مورد چینش و توزیع آبپاش‌ها است که منجر به برنامه‌ریزی غیرقابل قبول می‌شود. در این پژوهش ضریب یکنواختی کریستین – سن برای سامانه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۸۷/۱، ۸۰، ۸۴/۱ و ۸۳/۴ درصد محاسبه شد. مقادیر یکنواختی توزیع در بازه بین ۹۳/۲ تا ۹۸/۳ درصد متغیر بود. بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین از ۶۸/۷ تا ۷۵/۳ درصد محاسبه شد و نیز راندمان کاربرد در ربع پایین از ۶۴/۸ تا ۷۲/۲ درصد اندازه‌گیری شد (۶). پیران و همکاران در شرکت Kukobila Nasia Farms Limited کشور غنا، پژوهشی انجام دادند که نشان داد اختلال در یکنواختی پاشش توسط باد و استانداردسازی سرعت عملکرد محور برای مطابقت با نیاز آبی محصول از جمله عوامل مؤثر بر این موضوع هستند. در بازرسی‌های دوره‌ای به این نتیجه رسیدند که تمیز کردن و تعویض نازل‌های مسدودشده و یا فرسوده و نیز آبیاری شبانه در دوره‌های بادی برای دستیابی به راندمان، پتانسیل کاربرد، بیشتر از راهکارهای مؤثر است (۴). حسینی و همکاران طی پژوهشی که در شهرستان پارس‌آباد استان اردبیل با سرعت‌های باد ۳-۰ و ۶-۳ متر بر ثانیه در سه تکرار و روی دو دستگاه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که راندمان سامانه در سرعت ۳-۰ متر بر ثانیه برابر ۸۹/۴۷ درصد و در سرعت ۶-۳ متر بر ثانیه برابر ۸۴/۴۷ درصد است (۱۳). نتایج این پژوهش نشان داد میزان تلفات تبخیر و بادبردگی اندازه‌گیری‌شده در سطح مزرعه بین ۷ تا ۱۸ درصد و میزان تلفات تبخیر و بادبردگی مدل‌سازی شده از ۱۰ تا ۱۸ درصد متغیر است. سرانجام در سرعت باد زیر ۳ متر بر ثانیه ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین و بازده واقعی کاربرد در ربع پایین در بازده قابل‌قبولی قرار گرفته است و در سرعت بادهای متوسط و زیاد پارامترهای یادشده در محدوده قابل قبولی قرار نمی‌گیرند که این موضوع اهمیت طراحی سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای را در مناطق بادخیز گوشزد می‌کند (۵). در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

مطالعه اشرف و همکاران، مقایسه بین سامانه آبیاری عقربه‌ای و سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک از نظر عملکرد هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش دو سامانه آبیاری عقربه‌ای A و B و کلاسیک ثابت مورد مطالعه قرار گرفتند که نتایج نشان داد سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت آبپاش متحرک با ضریب یکنواختی ۶۵/۵۲ درصد و راندمان پتانسیل ربع پایین ۴۷/۵ درصد و کمترین عملکرد را دارد؛ درصورتی‌که سامانه B با ضریب یکنواختی ۸۸/۳۶ درصد و راندمان پتانسل ربع پایین ۷۴/۲۸ درصد بهترین عملکرد را دارد. در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت حساس‌ترین سامانه در مقایسه با دو دستگاه آبیاری عقربه‌ای نسبت به وزش باد است که همین عامل می‌تواند مهم‌ترین علت کم‌بودن ضریب یکنواختی این سامانه باشد (۹). آلمیدا و همکاران مطالعه و ارائه ترکیبی از آبیاری عقربه‌ای و آبیاری قطره‌ای را ارائه دادند. با این دیدگاه سامانه ترکیبی از قطره‌ای سیار موضعی و آبیاری عقربه‌ای را با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب برای توزیع آب در سطح خاک را عرضه کردند و نتیجه‌گیری کردند این فناوری جدید در مقابل سامانه مرسوم قدیمی تقریباً ۹۹ درصد صرفه‌جویی را در تعدادی از خطوط لوله‌های قطره‌ای ثابت امکان می‌دهد (۲). جیائو و همکاران در پژوهشی به مقایسه دو نوع آبپاش RSPS و FSPS در سامانه عقربه‌ای پرداختند. در شرایط مزرعه با باد کم، توزیع آب آبپاش‌های یادشده با نازل‌های مختلف با قطرهای ۲/۷۸، ۴/۷۶ و ۶/۷۵ میلی‌متر به روش catch can اندازه‌گیری شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها و مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌ها نشان داد که آبپاش‌های RSPS بیشترین آب را در اطراف آبپاش توزیع می‌کند؛ درحالی‌که آبپاش‌های FSPS بیشترین آب را در ناحیه‌ای حلقه‌ای شکل در حاشیه آبپاش توزیع کرده و نیز شعاع پاشش برای RSPS از ۴/۸۸ تا ۷/۰۵ متر و برای FSPS از ۵/۰۲ تا ۶/۸۵ متر گزارش شد. یکنواختی پاشش برای RSPS از ۴۴/۷ تا ۵۱ درصد متغیر بود؛ درصورتی‌که یکنواختی پاشش برای FSPS از ۴۰/۳ تا ۵۸ درصد متغیر بود (۱۴).

با بررسی پژوهش‌های قبلی در خصوص شکاف پژوهشی نشان داد که در کلیه پژوهش‌ها صرفاً سامانه سترپیوت بر اساس شرایط آبی و هیدرولیکی ارزیابی شده (تعیین ضرایب یکنواختی پاشش و غیره)؛ ولیکن در این پژوهش علاوه بر بررسی این موضوع، تأثیر میزان یکنواختی توزیع آب در اسپن‌های مختلف سامانه آبیاری عقربه‌ای بر عملکرد محصول (وزن خشک و ون دانه) و همچنین بررسی میزان آبشوئی شوری و نیترات باقیمانده در خاک نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی محل اجرای طرح

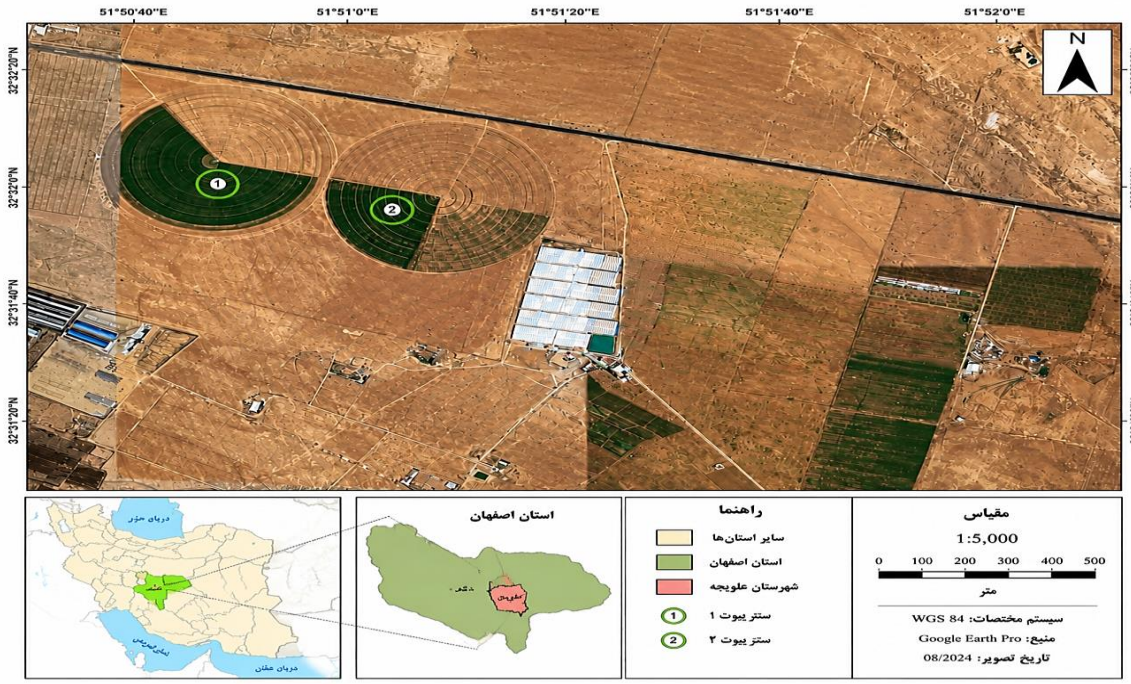
دو مزرعه یادشده از مجموعه اراضی تحت کشاورزی شرکت کشت و صنعت قیام اصفهان واقع‌شده در شهرستان علویجه استان اصفهان با مختصات جغرافیایی (UTM (WGS84, Zone 39S: $Y = 3650008m , X = 540562 m$، مجموع به مساحتی در حدود ۱۰۰ هکتار هستند که در شکل ۲ نشان داده شده است. از جمله پارامترهای هواشناسی مؤثر که در این پژوهش اندازه‌گیری شد، می‌توان به سرعت باد و تبخیر و تعرق اشاره کرد که از طریق داده‌های ماهواره‌ای به‌دست آمد و نیز با استفاده از روابط تجربی و اندازه‌گیری‌های میدانی تلفات تبخیر و باد بردگی نیز محاسبه شد. از بین مزارع و زمین‌های شرکت کشت و صنعت قیام، دو مزرعه دایره‌ای تحت آبیاری سامانه آبیاری عقربه‌ای که شعاع هر کدام ۴۰۰ متر و مساحت هر کدام ۵۰ هکتار بود، انتخاب شد. در این پژوهش هر قطعه زمین به صورت فرضی به هشت قسمت ۵۰ متری در طول بال آبیاری و هر اسپن به سه قسمت ابتدا، وسط و انتها تقسیم‌بندی شد که تمامی آزمایش‌ها و نمونه‌برداری‌ها مشابه شکل ۱ انجام شد.

مشخصات ماشین آبیاری عقربه‌ای شرکت کشت و صنعت قیام و دور آبیاری

هر یک از این دو سامانه آبیاری مورد ارزیابی دارای ۸ اسپن به

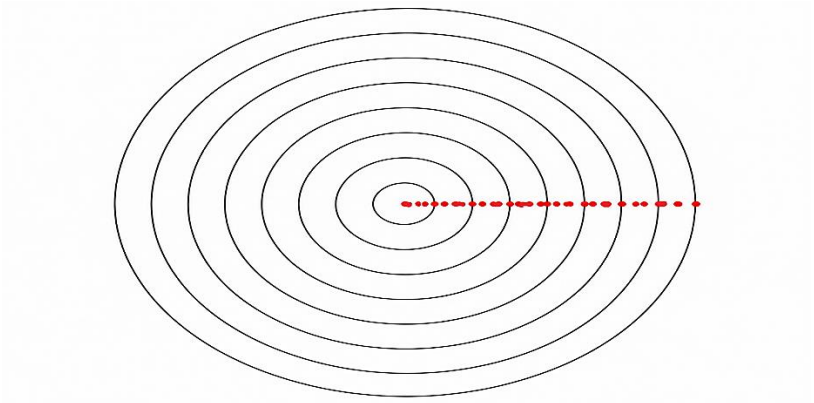
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان اصفهان ، علویجه و تصویر ماهواره ای مزارع مورد نظر تحت پوشش آبیاری عقربه‌ای

Figure 1. Geographical location of Isfahan Province and Alavijeh, and a satellite image of the study farms under center-pivot irrigation



شکل ۲. نمای شماتیک تقسیم بندی زمین به منظور نمونه‌برداری گیاهی و خاک

Figure 2. Schematic view of land partitioning for plant and soil sampling

طول ۵۰ متر هستند که در مجموع یک بال آبیاری ۴۰۰ متری است. طبق مشاهدات و بازدیدهای صحرایی صورت‌گرفته از مزرعه هر دستگاه دارای ۲۲۲ آبپاش برند نلسون است. به طور میانگین فاصله آبپاش‌ها از یکدیگر در روی لترال ۲ متر و فشار رگلاتورها در محدوده ۱۵ یا ۲۰ PSI قابل تنظیم است. فشار نازل‌ها نیز در طول لترال با دور شدن از مرکز در حال افزایش است؛ به‌طوری که در اسپن اول از ۴ شروع و در اسپن ۸ به ۲۰ ختم می‌شود. ارتفاع آبپاش‌ها از سطح زمین به طور میانگین حدود ۹۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. مدیریت آبیاری (دور آبیاری مقدار آب آبیاری) سامانه آبیاری عقربه‌ای کاملاً در اختیار کارشناسان فنی شرکت کشت و دام قیام قرار داشت، به طوری که آبیاری اراضی با استفاده از سامانه در کشت‌های بهاره

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

با دور ۱۰ روزه به طور معمول شروع به آبیاری می‌کند که ۹۰ ساعت طول می‌کشد و هنگام آبیاری در فصل پاییز با دور ۲۰ روزه شروع به آبیاری می‌کند که بیش از ۴۵ ساعت طول می‌کشد. آبیاری در تابستان ۷ روز گزارش شده‌است.

ارزیابی سامانه آبیاری عقربه‌ای

در این پژوهش با انجام بازدیدهای مرتب و برنامه‌ریزی‌شده از منابع آبی و محصولات کشت‌شده در فصول مختلف و نیز آبپاش‌ها و رگلاتورها در اتصالات که منجر به اندازه‌گیری پارامترها و محاسبات عددی بود به بررسی و ارزیابی مزرعه پرداخته شد که شامل موارد زیر است:

تست سرعت دستگاه

در این پژوهش در دوحالت خشک (بدون آبیاری) در سامانه ۲ و در حال آبیاری در سامانه ۱ سرعت دستگاه‌ها در تاریخ ۲۷ اسفند ۱۴۰۳ اندازه‌گیری شد و برای محاسبه سرعت خطی از معادله ۱ استفاده شد.

$$V = r \times \omega \qquad (1)$$

در این رابطه V سرعت خطی دستگاه برحسب متر بر دقیقه، r شعاع دستگاه (طول هر اسپن بر حسب متر) و ω سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر دقیقه است.

ارزیابی خاک مزرعه و آزمایش شوری و نیترات آب آبیاری و خاک

دو نمونه آب شامل آب آبیاری و آب ماندابی (حاصل از رواناب ایجادشده در سطح زمین) از مزرعه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد و شوری و نیترات آب در مهرماه ۱۴۰۴ اندازه‌گیری شد. میزان شوری و نیترات آب آبیاری به ترتیب برابر با ۲/۱۷۴ dS/m و ۲۹/۲ mg/L، همچنین میزان شوری و نیترات آب ماندابی حاصل از رواناب به ترتیب برابر ۲/۱۷۶ dS/m و ۳۳/۳ mg/L به‌دست آمد. همچنین برای ارزیابی شرایط اولیه خاک مزرعه قبل از کشت و آبیاری، اقدام به جمع‌آوری خاک در ۹ نقطه از نقاط مختلف اراضی تحت شرب آبیاری عقربه‌ای مطابق شکل ۳ و انتقال آن به آزمایشگاه و انجام آزمایش‌های فیزیکی شامل بافت خاک به تفکیک شن، رس، سیلت، درصد سنگ‌ریزه و همچنین ماده آلی خاک، درصد آهک، سدیم، کلسیم، منیزیم، شوری و pH در تاریخ ۴ شهریورماه ۱۴۰۳ شد. در این مرحله ارزیابی از اوگر، بیلچه، پلاستیک زیپ‌دار و الک استفاده شد. به این صورت که از پای ریشه گیاه یک نمونه و از کنار خط آبیاری هم یک نمونه گرفته، با هم مخلوط کرده و درنهایت از این نمونه مخلوط مقداری جدا کرده و پس از نام‌گذاری و ثبت موقعیت مکانی در پاکت مخصوص بسته‌بندی کرده و در آزمایشگاه، بافت خاک، درصد آهک،سدیم، منیزیم، شوری، میزان اسیدیته تعیین شد که در جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک قبل از کشت و آبیاری در ۹ مکان مختلف سنتر پیوت ارائه شده است.

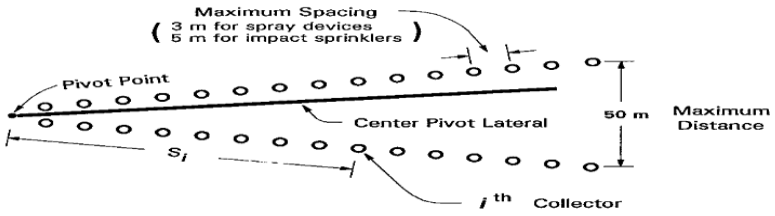
برای نمونه‌گیری به صورت اوگر زنی، در عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک اوگر را در خاک فرو برده و اقدام به جمع‌آوری نمونه خاک کرده و نمونه پس از جانمایی نقطه در پاکت مخصوص قرار شد. همچنین در پایان فصل آبیاری و برداشت کلزا در انتهای فصل کشت، در یک نمونه‌گیری جامع‌تر خاک اقدام به جمع‌آوری ۲۴ نمونه آزمایشگاهی در موقعیت‌های مکانی نشان داده شده در شکل ۱، طبق شرایط و ضوابط یادشده انجام شد؛ به‌طوری که در طول هر اسپن آبیاری سه نمونه اول، وسط و آخر اسپن را انتخاب کرده و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری در پاکت مخصوص در تاریخ ۲۱ خردادماه ۱۴۰۴جمع‌آوری شد و سپس به آزمایشگاه برای انجام آزمایش‌های مربوطه منتقل شد.

بازدید میدانی از مزرعه و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به یکنواختی آب در سامانه آبیاری عقربه‌ای

در این مرحله از بازدید که به صورت مرتب و دوره‌ای با توجه به فصل زراعی، نوع کشت تنظیم شد، با انجام یک سری کارهای عملی و میدانی و جمع‌آوری اطلاعات در این راستا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]



شکل ۳. نحوه چینش قوطی‌ها طبق استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا

Figure 3. Arrangement of cans according to the American Society of Agricultural Engineers standard

جدول ۱. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی در مزرعه کشت و دام قیام در ۹ نقطه

Table 1. Physical and chemical properties of the soil under study at the Ghiam Crop and Livestock Farm at 9 locations

Sample number	Texture	Clay %	Silt %	Sand %	Organic Matter (%)	Pebble %	Lime %	Sodium (meq/l)	Calcium-Magnesium (meq/L)	Calcium (meq/l)	Magnesium (meq/l)	SAR	Ec (ds/m)	PH
1	Sandy Clay Loam	24.7	25.5	49.7	0.8	20	58.5	43.6	43	20.7	22.3	9.3	7.3	7.9
2	Clay Loam	30.7	25.5	43.7	0.7	9.2	54.4	36.5	34.5	16.2	18.3	8.7	6.5	8
3	Sandy Clay Loam	28.7	23.5	47.7	1.4	20	50.2	37.3	27	12.6	14.4	10.2	5.4	8.1
4	Clay Loam	32.7	23.5	43.7	1.1	16.7	53.2	26.9	22.2	10.4	11.8	8	4.3	8
5	Clay Loam	30.7	27.5	41.7	2.4	9.2	43.5	29.2	20.5	10.2	10.3	9.1	4.3	8
6	Clay Loam	28.7	31.5	39.7	0.9	18.8	54	39	25	10.4	10.1	11	5.5	8.1
7	Sandy Clay Loam	22.7	27.5	49.7	2.3	3.5	52.8	33.1	24.5	11	13.5	9.4	5	8.2
8	Clay Loam	30.7	27.5	41.7	1.3	25	52.9	33.1	19	7.2	11.8	10.8	4.6	8.1
9	Sandy Clay Loam	20.7	21.5	57.7	1.9	16.7	44.5	44.5	49	28.6	20.4	8.9	7.9	8

مزرعه مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. در این قسمت از ارزیابی از تعداد ۱۶۰ عدد قوطی جمع‌آوری (با قطر دهانه ۱۱ و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر)، متر پارچه‌ای، میخ، استوانه مدرج و قیف بزرگ استفاده شد. برای این کار طبق استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا با شماره استاندارد (۴۳۶/۱) عمل شد (۸). به این ترتیب در طول لترال سامانه و به فاصله ۵ متر از یکدیگر قوطی‌های اندازه‌گیری آب ناشی از آبیاری‌ها در دو ردیف شعاعی میخ‌کوبی شده که فاصله هر کدام از ردیف‌ها ۵۰ متر در نظر گرفته شد، چیده شدند و بلافاصله پس از عبور سامانه از قوطی‌ها اقدام به اندازه‌گیری آب جمع‌شده در قوطی‌ها شد و در جدول‌ها مربوطه ثبت و بایگانی شد. تاریخ انجام این آزمایش‌ها از مرداد ۱۴۰۳ شروع و تا مرداد ۱۴۰۴ به صورت دوره‌ای ادامه داشت. پس از مرتب کردن و انتقال داده‌ها، اطلاعات جمع‌آوری‌شده با توجه به روابط ارائه‌شده در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا، پارامترهای مربوط به یکنواختی پاشش در سامانه محاسبه شد. نکته دارای اهمیت هنگام انجام این آزمایش این است که دقیقاً پس از عبور سامانه آبیاری از روی هر کدام از ردیف اقدام به اندازه‌گیری آب جمع‌شده در قوطی‌ها شود؛ زیرا تلفات تبخیر به خصوص در فصل گرم باعث ایجاد خطا در روند انجام آزمایش می‌شود.

از معادلات ۲ تا ۶ برای محاسبه ضرایب یکنواختی در سامانه آبیاری عقربه‌ای استفاده شد:

$$Cu_c = 100\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n}|V_i - V|}{\sum_{i=1}^{n} V_i}\right] \quad (۲)$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} \quad (۳)$$

$$Cu_H = 100\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n} S_i\left[V_i - V_p\right]}{\sum_{i=1}^{n} V_i * S_i}\right] \quad (۴)$$

Cu_c ضریب یکنواختی کریستین – سن بر حسب درصد، n بیانگر تعداد قوطی‌ها و و V_i حجم آب جمع‌شده در قوطی i ام است.

Cu_H ضریب یکنواختی هیمن و هین بر حسب درصد است.

$$V_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i * S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} \quad (۵)$$

V_p میانگین وزنی حجم آب جمع‌شده و S_i فاصله از مرکز برحسب متر است.

Du یکنواختی توزیع آب بر حسب درصد و $\overline{V}_p$ میانگین وزنی پایین‌ترین ربع نمونه‌ها است.

$$Du = 100\left(\frac{\overline{V}_p}{V_p}\right) \quad (۶)$$

از معادله ۷ برای محاسبه راندمان واقعی کاربرد ربع پایین در سامانه آبیاری عقربه‌ای استفاده شد:

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (۷)$$

که D_r متوسط عمق آب جمع‌آوری‌شده در قوطی‌ها (میلی‌متر) و D_q میانگین وزنی پایین‌ترین ربع نمونه‌ها (میلی‌متر) است.

از معادلات ۸ تا ۱۰ برای محاسبه راندمان توزیع آب در ربع پایین در سامانه آبیاری عقربه‌ای استفاده شد:

$$PELQ = DU \times E_a = \frac{D_w}{D_g} \times 100 \quad (۸)$$

$$E_a = \frac{D_w}{D_g} \times 100 \quad (۹)$$

$$D_g = D_w + E_v \quad (۱۰)$$

DU ضریب یکنواختی توزیع، E_a راندمان کاربرد (درصد)، D_w میانگین وزنی عمق (میلی‌متر) و D_g میانگین عمق ناخالص (میلی‌متر) است و همچنین E_v تلفات تبخیر و بادبردگی برحسب میلی‌متر است.

بازدید میدانی از مزرعه و جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی (کلزا)

در این پژوهش از همان ۲۴ مکان جانمایی‌شده که نمونه خاک برداشت شد، نمونه گیاهی نیز برداشت شد. به این صورت که یک قاب ۱×۱ مترمربع را در نقطه مد نظر قرار داده و اقدام به کف‌بر کردن نمونه گیاهی شد و پس از آماده‌سازی گیاه و جدا کردن علف‌های هرز و سایر گیاهان، فقط نمونه گیاه مد نظر (کلزا) در کیسه قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شد. تاریخ انجام این برداشت ۱ خردادماه ۱۴۰۴ بود. نمونه‌های گیاهی ابتدا آفتاب خشک و سپس در آزمایشگاه آون خشک شدند و درنهایت کیسه مربوط به هر لوکیشن توزین شد. سپس وزن دانه‌های روغنی و نمونه خشک گیاهی مربوط به هر لوکیشن ثبت شد. نکته مهم هنگام جمع‌آوری نمونه گیاهی این است که عملیات با دقت زیاد انجام شود تا کمترین هدررفت دانه‌های روغنی رخ دهد؛ زیرا در فصل برداشت اقدام به نمونه‌گیری شده که دوره حساسی است. نمونه‌های گیاهی ابتدا آفتاب خشک و سپس در آون خشک شدند و درنهایت کیسه مربوط به هر موقعیت مکانی توزین و وزن کل گیاه و وزن دانه‌های روغنی ثبت شد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

نتایج و بحث

در جدول ۲ نتایج مربوط به سرعت خطی هر دو سامانه آبیاری عقربه‌ای آمده است. مطابق با جدول ۲ در اسپن‌های انتهایی سرعت خطی دستگاه، به علت افزایش مساحت تحت آبیاری افزایش یافته که اگر آبپاش‌های نصب‌شده روی اسپن‌های انتهایی به خوبی طراحی نشوند، میزان آب دریافتی در اسپن‌های انتهایی با اسپن‌های ابتدائی متفاوت خواهد بود که این موضوع بر عملکرد گیاه و همچنین آبشویی شوری و نیترات در خاک زیر هر اسپن متفاوت خواهد شد که در ادامه به نتایج آن اشاره شده است.

در شکل ۴ میانگین آب جمع‌شده در قوطی‌ها نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در اسپن ۱ و ۲ بیشترین نوسان و تغییرات شدید و در اسپن‌های ۳ تا ۶ شاهد بهترین یکنواختی و کمترین نوسان است که محدوده پایدار بوده و در اسپن ۷ و۸ دیده می‌شود که افت فشار و کاهش تدریجی حجم آب را دارد.

در جدول ۳ اندازه‌گیری و محاسبات پارامترهای یکنواختی در این مزرعه ارائه شده که نشانگر این است که این دو سامانه آبیاری عقربه‌ای از یکنواختی پاشش مناسبی برخوردار نیستند. از جمله دلایل این امر می‌توان به عدم مدیریت صحیح، فرسودگی و خرابی ادوات آبیاری از جمله آبپاش‌ها، رگلاتور فشار و دبی نامناسب آبپاش‌ها، عدم دانش کافی در استفاده بهینه از دستگاه و سرعت زیاد باد در منطقه اشاره کرد.

مطالعه پژوهشگران نشان می‌دهد CU=۹۰٪ و DU=۸۶٪ وضعیت استاندارد و خوب سامانه آبیاری عقربه‌ای با یکنواختی پخش زیاد را به دنبال دارد و مدیریت دقیق و نازل‌های مناسب حاصل اعداد و نتایج عالی در این مزرعه هستند (۳). پژوهش‌ها و مطالعات میدانی نشان می‌دهد که با ضریب یکنواختی کریستین – سن برابر ۸۲ درصد و ضریب یکنواختی توزیع برابر ۷۰ درصد وضعیت متوسط سامانه آبیاری عقربه‌ای است؛ به طوری که سامانه این مزرعه قابلیت رشد و بهبود را دارد (۱۶). و نیز پژوهشی در سودان نشان داد CU=۶۸٪ و DU=۵۲٪ حاکی از وضعیت ضعیف عملکرد سامانه آبیاری عقربه‌ای است؛ به‌طوری که ماشین این مزرعه نیاز به اصلاحات ساختاری یا تعویض نازل‌ها دارد (۱۹). برای ارزیابی سامانه یادشده از دو شاخص بازده واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ) و بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است و مطابق معادله ۸ مقدار میانگین PELQ=۴۵٪ محاسبه شد. طی پژوهشی که عابدین‌پور و همکاران انجام دادند، مقادیر محاسبه‌شده برای AELQ را در بازه ۹۳/۲ تا ۹۸/۳ درصد و مقادیر محاسبه شده برای PELQ را ۶۴/۸ تا ۷۲/۲ درصد گزارش دادند (۱). در مطالعه‌ای که پژوهشگران در ایالت رود نیل انجام دادند، مقدار بازه گزارش‌شده برای AELQ و PELQ را به ترتیب ۶۲ تا ۷۱/۳ درصد و ۶۴ تا ۷۲ درصد ارائه دادند (۷). در شکل ۵ و ۶ وزن خشک و وزن دانه گیاه کلزا را در اسپن‌های مختلف دستگاه نشان می‌دهد. به طور کلی این شکل‌ها نشان می‌دهد آبیاری با سامانه سنتر پیوت مورد بررسی روی محصول کلزا موجب ایجاد یک گرادیان رطوبتی مشخص از شروع دکل تا انتها آن شده است. رشد بیش از حد در ابتدای لترال واسپن ابتدایی ناشی از آبیاری بیشتر نسبت به سایر نقاط است. بهترین عملکرد واقعی گیاه در محدوده میانی اسپن‌ها رخ داده است. در ناحیه انتهایی دستگاه به دلیل آبیاری کمتر عملکرد کاهش یافته و سبب ضعف رشد شده است. یکنواختی رشد و عملکرد در سامانه متوسط رو به پایین ارزیابی می‌شود و با الگوی پاشش آب همخوانی دارد.

طی نتایج پژوهش دجامن و همکاران که در نیومکزیکو یعنی محدوده رشد مناسب در اقلیم نیمه‌خشک با ارتفاع زیاد به دست آمد، بیومس گیاه کلزا که توسط سامانه آبیاری عقربه‌ای آبیاری شده است از ۲/۰۴ kg/m^2 تا ۰/۸۵ گزارش شده است (۱۱). در مطالعه هرگرت و همکاران که روی مزارع تحت آبیاری عقربه‌ای در دشت‌های مرکزی امریکا انجام شد، وزن خشک بین ۱/۱۷ kg/m^2 تا ۰/۱۶ گزارش شد (۱۲). در مطالعه میدانی

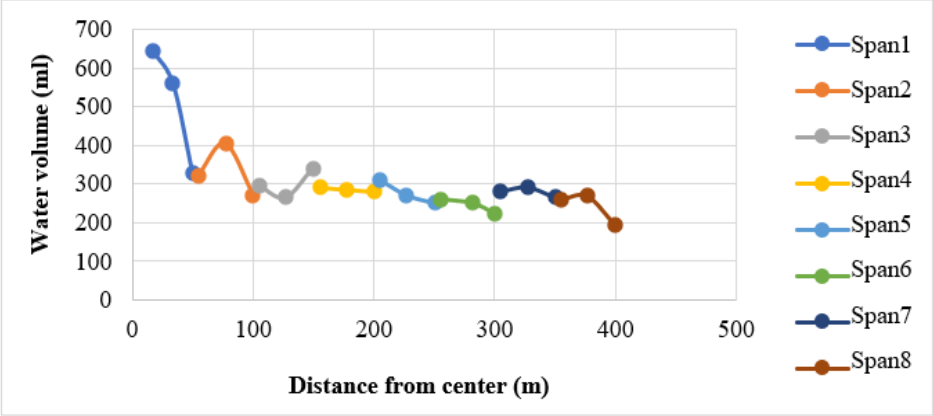
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

جدول ۲. نتایج بررسی سرعت خطی هر یک از اسپن‌های سامانه

Table 2. Results of the linear speed analysis for each span of the system

Device Number	Device speed (%)	Span number	Distance from center (m)	Linear speed (m/min)
2	5	1	50	0.2
		2	100	0.4
		3	150	0.6
		4	200	0.8
		5	250	1.1
		6	300	1.3
		7	350	1.5
		8	400	1.7
2	70	1	50	2.2
		2	100	4.4
		3	150	6.6
		4	200	8.8
		5	250	11
		6	300	13.2
		7	350	15.5
		8	400	17.7
1	15	1	50	0.5
		2	100	1
		3	150	1.5
		4	200	2



شکل ۴. میانگین حجم آب جمع‌شده در قوطی‌ها

Figure 4. Average volume of water collected in the containers

عراقی و همکاران در دشت مغان که بخشی از مزارع مورد بررسی از سامانه آبیاری عقربه‌ای استفاده می‌کردند، وزن خشک کلزا از ۱/۳۲ kg/m^2 تا ۰/۳۶ گزارش شد (۱۷). در پژوهش بگنا و همکاران که کلزا به صورت علوفه برداشت شده است، بیومس گیاه ۱/۴۷ kg/m^2 تا ۱/۳۳ اندازه‌گیری شده است (۱۰).

طی نتایج پژوهشی که در نیومکزیکو یعنی محدوده رشد مناسب در اقلیم نیمه‌خشک با ارتفاع زیاد به دست آمد، وزن دانه گیاه کلزا که توسط سامانه آبیاری عقربه‌ای آبیاری شده است از ۰/۵۷۹ kg/m^{2}تا ۰/۲۳۹ گزارش شده است (۱۱). در این مطالعه که روی مزارع تحت آبیاری عقربه‌ای در دشت‌های مرکزی آمریکا انجام شد، وزن دانه بین ۰/۲۳۹ kg/m^2 تا ۰/۰۴۴ گزارش شد (۱۲).

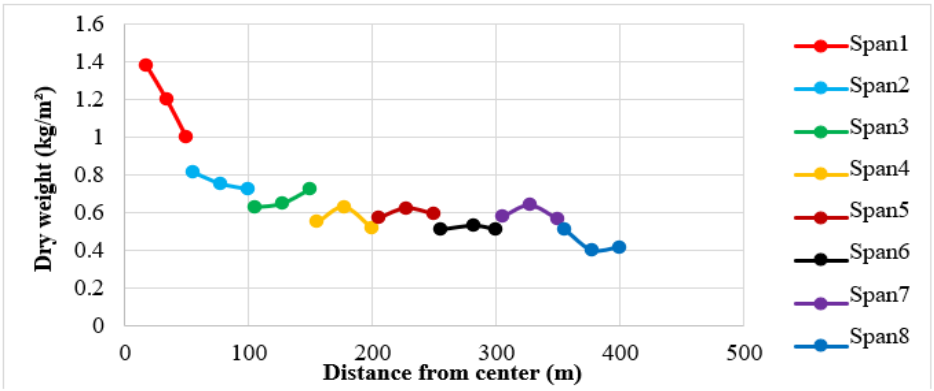
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

جدول ۳. نتایج مربوط به محاسبات یکنواختی پاشش و بازده واقعی کاربرد در ربع پایین در دو سامانه منطقه مورد پژوهش

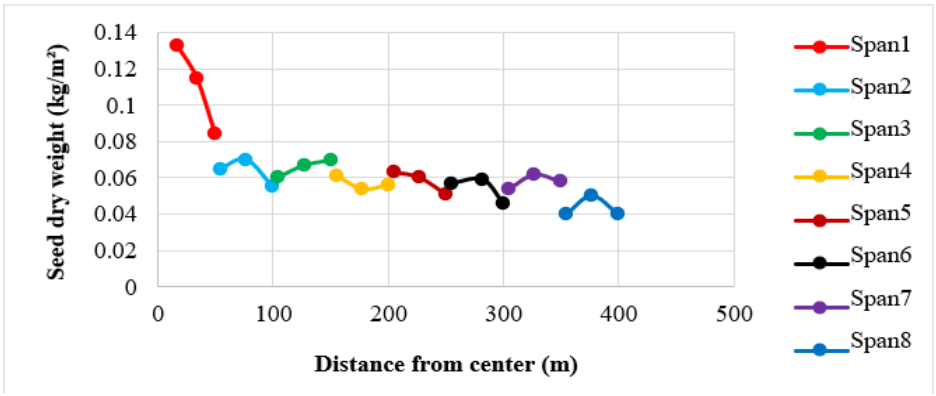
Table 3. Results of calculations for distribution uniformity and actual application efficiency in the lower quarter for the two systems in the study area

date	Device	Row Number	DU%	CU_H%	CU_C%	AELQ
1403/5/11	1	1	42.2	59.1	53.4	40.4
1403/5/11	1	2	36	53.8	48	38.3
1403/7/19	2	1	57.8	70.9	74	57.8
1403/8/17	2	1	70.7	76	69.3	70.7
1403/8/17	2	2	59.6	74.5	72	56.6
1403/9/8	2	1	66.7	74.3	67	56.9
1403/9/8	2	2	54.5	65.1	53.3	43.9
1403/10/3	1	1	64.7	61.8	72	60.9



شکل ۵. وزن خشک کلزا در اسپن‌های مختلف دستگاه

Figure 5. Dry weight of rapeseed in different spans of the device



شکل ۶. وزن دانه کلزا در اسپن‌های مختلف دستگاه

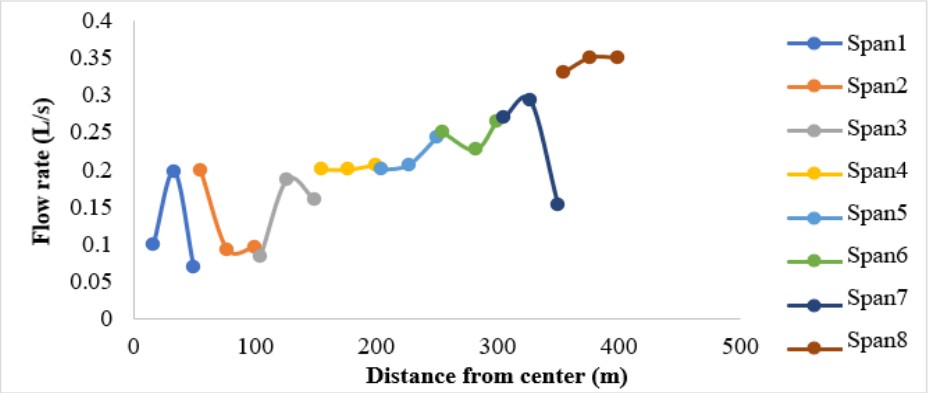
Figure 6. Rapeseed grain weight in different spans of the device

در شکل ۷ میزان دبی واقعی نازل‌ها (لیتر بر ثانیه) را در فاصله‌های مختلف از مرکز دستگاه نشان می‌دهد. بخش‌هایی که دبی نوسانی یا کم دارند، دقیقاً همان نقاطی هستند که در نمودار وزن خشک کلزا افت رشد دیده می‌شود. نواحی با دبی پایدار همان مناطقی هستند که وزن خشک و عملکرد یکنواخت‌تر کلزا دیده شده است. دبی کم نازل آخر هم دقیقاً با افت محسوس وزن خشک در اسپن همخوانی دارد.

بر اساس نمودار سامانه آبیاری عقربه‌ای یکنواختی مطلوبی در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]



شکل ۷. دبی آبپاش‌ها در اسپن های مختلف دستگاه

Figure 7. Sprinkler discharge rates across different spans of the device

میانه اسپن دارد؛ اما نوسانات ابتدای دستگاه و افت شدید در انتهای اسپن موجب کاهش یکنواختی کلی سامانه و ایجاد تنش آبی گیاه در برخی نواحی مزرعه شده است. این الگو با نتایج وزن خشک و بایومس کاملاً سازگار است.

در شکل‌های ۸ و ۹ نیترات و شوری خاک را در طول لترال سامانه نشان می‌دهند. به صورت کلی روند نمودار نشان می‌دهد که غلظت نیترات با افزایش فاصله از دکل مرکزی ابتدا افزایش یافته و در انتهای مزرعه تا حدی کاهش پیدا می‌کند.

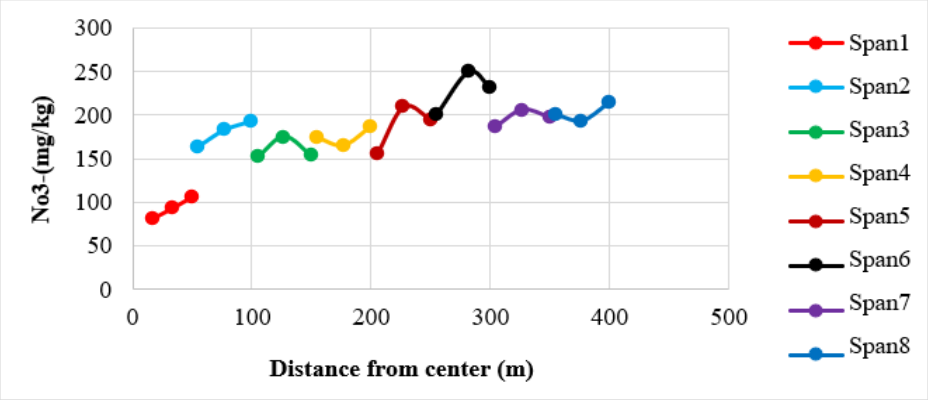
شکل ۹ نشان می‌دهد که شوری خاک در طول لترال سامانه از الگوی یکنواختی پیروی نمی‌کند. در بخش‌های ابتدایی شوری در محدوده کم تا متوسط قرار دارد. در بخش‌های میانی تثبیت شده و نوسانات محدودی دارد؛ اما در انتهای دستگاه افزایش قابل توجهی دیده می‌شود و شوری به بیش از ۴ ds/m می‌رسد. این افزایش شوری در انتهای لترال نشان‌دهنده وجود عامل محدودکننده تغییرات موضعی در توزیع اب و حجم آب دریافتی کمتر مهم‌ترین عامل آن است که مانع آبشویی مؤثر نمک‌ها شده و سبب تجمع آنها در این ناحیه شده است؛ بنابراین میزان آب دریافتی در هر اسپن روی آبشویی نیترات و شوری خاک تأثیر گذاشته و در خاک زیر اسپن هایی که آب بیشتری توزیع نموده، شوری و نیترات باقیمانده در خاک کمتر شده یعنی آبشویی بیشتری صورت گرفته است.

اثر اسپن‌های مختلف آبیاری بر حجم آب و پارامترهای آن و همچنین اثر آن بر ویژگی‌های خاک و گیاه در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار آبیاری در سامانه آبیاری عقربه‌ای اثر بسیار قابل‌توجهی بر الگوی توزیع آب و ویژگی‌های خاک و گیاه دارد. بر اساس نتایج جدول ۳، تیمار آبیاری بر حجم آب جمع‌آوری‌شده در قوطی‌ها (کچ کن) در فواصل مختلف از مرکز دستگاه در سطح احتمال ۱ درصد ($p<۰/۰۱$) اختلاف معنی‌دار دارد. این سطح معنی‌داری تأکید می‌کند که مقدار آب دریافتی در اسپن‌های مختلف دستگاه کاملاً یکنواخت نبوده و سامانه از لحاظ عملکرد هیدرولیکی دچار اختلال در یکنواختی پاشش است.

در خصوص ویژگی‌های شیمیایی خاک، تیمار آبیاری بر نیترات خاک در سطح ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) اثر معنی‌دار داشت. این موضوع نشان می‌دهد که مقدار آب دریافتی، الگوی جابجایی نیترات را تحت تأثیر قرار داده و باعث شده در برخی نواحی شستشو و آبشویی بیشتر و در برخی نواحی تجمع اتفاق بیفتد. همچنین اثر آبیاری بر هدایت الکتریکی خاک (EC) نیز در سطح ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار شد. این نتیجه بیانگر آن است که تغییرات در شدت و الگوی آبیاری منجر به تفاوت محسوس در میزان املاح قابل حل در خاک شده است؛ به‌گونه‌ای که در نقاطی با دریافت آب بیشتر، شستشوی املاح رخ داده و EC کاهش یافته؛ درحالی‌که در اسپن‌های انتهایی

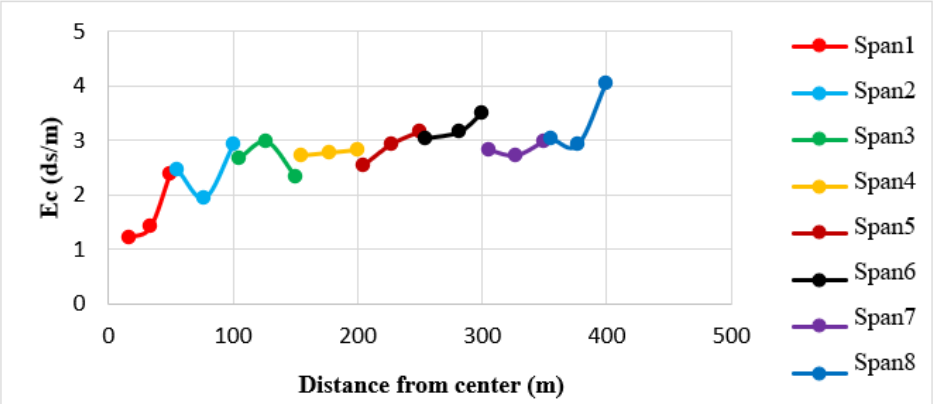
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]



شکل ۸. نیترات باقیمانده در خاک در اسپن‌های مختلف دستگاه

Figure 8. Residual soil nitrate at different spans of the machine



شکل ۹. نمودار شوری خاک در اسپن‌های مختلف دستگاه

Figure 9. Soil salinity graph across different spans of the machine

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) در پژوهش بررسی اثر فاصله از مرکز سنتر، بر حجم آب توزیع‌شده در قوطی، دبی آبپاش‌ها، نیترات باقیمانده در خاک، هدایت الکتریکی خاک، وزن خشک و وزن دانه کلزا

Table 3. Results of analysis of variance (mean squares) for the study investigating the effect of distance from the center pivot on the volume of water distributed in the catch cans, sprinkler discharge, residual soil nitrate, soil electrical conductivity, and .rapeseed dry weight and grain weight

Sources of variation	Degree of freedom	Distance from the center	Water volume (ml)	Flow rate (L/s)	Nitrate (mg/kg)	Electrical conductivity (dS/m)	Dry weight (kg/m²)	Seed weight (kg/m²)
Replication	2	3161**	4372^{ns}	0.001^{ns}	1102*	0.501*	0.0033^{ns}	0.00016^{ns}
Span	7	42986**	22654**	0.017**	4717**	0.789**	0.1614**	0.00121**
Error	14	57.1	1410	0.002	171	0.113	0.0026	0.00004
Coefficient of Variation (%)	-	3.7	12.2	23.4	7.4	12.3	7.7	10.3

ns, *, and ** indicate non-significance and significance at the 5% and 1% probability levels, respectively.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

تجمع املاح موجب افزایش EC شده است. به عبارت دیگر، پراکنش املاح در خاک به طور مستقیم تابع الگوی پخش آب در سامانه بوده است. در بررسی صفات گیاهی، تیمار آبیاری بر وزن خشک گیاه اثر بسیار معنی‌دار در سطح ۱ درصد ($p<۰/۰۱$) نشان داد. این نتیجه به روشنی بیان می‌کند که مقدار آب دریافتی نقش اساسی در رشد رویشی گیاه داشته و نوسانات توزیع آب باعث تفاوت قابل‌توجه در میزان تولید زیست‌توده شده است. همچنین بر اساس جدول ۳، تیمار آبیاری بر وزن دانه نیز در سطح ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار شد. این یافته نشان می‌دهد که عملکرد نهایی محصول نیز از عدم یکنواختی توزیع آب تأثیر جدی پذیرفته است؛ به‌گونه‌ای که گیاهان واقع در نقاط کم‌آب‌گیر دچار کاهش عملکرد شده‌اند. در مجموع، این نتایج بیانگر آن است که سامانه آبیاری عقربه‌ای مورد پژوهش دارای توزیع غیریکنواخت آب بوده و این عدم یکنواختی موجب تغییرات محسوس در ویژگی‌های خاک شامل نیترات و EC و همچنین کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای بهبود یکنواختی و افزایش کارایی سامانه، اقداماتی مانند تنظیم فشار نازل‌ها، کنترل سرعت حرکت دستگاه، کاهش اثر باد، کالیبراسیون دوره‌ای و بررسی سلامت نازل‌ها ضروری است. این نتایج با یافته‌های ونتینگ و همکاران همخوانی دارد. آنها گزارش کردند که در سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای، در صورت تنظیم مناسب فشار و نازل‌ها، مقادیر یکنواختی توزیع آب در محدوده قابل قبول آماری قرار می‌گیرد (۲۰).

نتیجه‌گیری

همان گونه که در متن به آن اشاره شده، ارزیابی سامانه‌های قبلی صرفاً بر پایه ارزیابی وضعیت هیدرولیکی سامانه و همچنین بررسی راندمان‌های توزیع و یکنواختی آب در سامانه بوده‌است؛ اما تأثیر نحوه توزیع آب بر عملکرد گیاه تحت کشت هر اسپن و همچنین تأثیر توزیع آب بر آبشویی نیترات و شوری خاک بررسی نشده که به عنوان شکاف پژوهشی است؛ زیرا در پژوهش های قبلی سامانه آبیاری عقربه‌ای صرفاً از لحاظ شرایط آبی و به عنوان یک مجموعه کامل از اسپن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گرفته و به لحاظ بررسی وضعیت هر اسپن‌ها بر عملکرد گیاهی و شستشو املاح در خاک بررسی نشده است. برای یک ارزیابی علمی و فنی لازم است که زیرساخت‌ها و ادوات آبیاری دستگاه از جمله آبپاش‌ها، نازل‌ها، رگلاتورها، لترال آبیاری و سایر تجهیزات از استانداردهای لازم برخوردار باشند که امکان پیاده‌سازی و اجرای پیشنهادات مدیریتی آن را داشته باشد. نتایج حاصل از بررسی‌ها و بازدیدهای صورت‌گرفته از مزارع کشاورزی تحت آبیاری عقربه‌ای منطقه مد نظر، نشان داد که اگرچه سامانه آبیاری عقربه‌ای، تحت عنوان یک دستگاه واحد برای آبیاری بارانی مکانیزه و مدرن شناخته می شود؛ ولیکن با توجه به اینکه دستگاه از چندین اسپن یا دکل تشکیل شده که سرعت حرکت هر اسپن و نوع آبپاش‌های آن و همچنین مساحت تحت آبیاری آن متفاوت است؛ بنابراین لزوم طراحی صحیح و انتخاب آبپاش ها و رگولاتورها در اسپن‌های مختلف در خصوص توزیع یکنواخت آب در طول لترال سامانه بسیار مهم است؛ به‌طوری که نتایج این پژوهش نشان داد که اسپن‌های ابتدایی که حجم آب بیشتری را توزیع نموده؛ بنابراین دارای بیشترین آبشویی نیترات و شوری و بیشترین عملکرد خشک و وزن دانه کلزا بوده و هرچه به سمت اسپن‌های انتهایی پیش رویم، تقریباً با یک روند مشخص، میزان حجم آب توزیع‌شده کمتر و درنتیجه میزان عملکرد خشک و وزن دانه کمتر شده، همچنین آبشویی نیترات و شوری کاهش یافته و نیترات باقیمانده در خاک و شوری خاک افزایش می یابد؛ بنابراین به طور کلی زمانی می توان به طور نسبی شرایط یکنواختی محصول و یکنواختی آبشویی یکنواخت نیترات و شوری خاک را در طول یک سامانه آبیاری عقربه‌ای در نظر گرفت که یکنواختی زیاد توزیع آب در تمام اسپن‌های مختلف سامانه وجود داشته باشد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از مدیران، کارشناسان و کارکنان شرکت کشت ودام قیام به خاطر فراهم کردن تسهیل داده‌برداری مزرعه‌ای و همکاریشان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

کمال تشکر و قدردانی می‌شود و همچنین از حمایت‌های شرکت دانش‌بنیان پایدار کشت هوش خاورمیانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده References

1. Abedinpour, M. 2017 . Field evaluation of center pivot sprinkler irrigation system in the North-East of Iran. *Journal of Water and Land Development* 34(1): 3.
2. Alemida, A. N. D., R. D. Coelho, R. D. Costa and A. J. Farias. 2017. Methodology for dimensioning of a center pivot irrigation system operating with dripper type emitter. *Journal of Agricultural Engineering* 37(4): 828-837.
3. Alghobari, H and A. Z. Dewidar. 2021. A comparative study of standard center pivot and growers-based modified center pivot for evaluating uniformity coefficient and water distribution. *Agronomy* 11(8): 1675.
4. Ali, A. B., L. Hong, N. Elsheikh, A. Basheer and Y. Haofang. 2016. Impact of centerpivot sprinkler speed and water regimes on potato crop productivity. *International Journal of Agriculture and Biology* 11: 1174-1180.
5. Alinia, E., M. Pourreza Bilondi and A. Khashei Siuki. 2021. Comparing of infiltration models through parameters uncertainty analysis into two types of soil texture. *Journal of Water and Soil Conservation* 27(5): 249-262.
6. Alsayim H. E. H. 2021. Technical performance evaluation of center pivot sprinkler irrigation systems in the Atbara River region. *Journal of Agricultural Science and Eengineering* 7(1): 1-7.
7. Alsayi, H. E, A. M. Abdeledamin, A. W. M. Elamin, A. B. Adam and M. A. Abass. 2022. The field evalution of center pivot irrigation system's performance under river Nile state conditions, Sudan. *Water Resources and Irrigation Management* 11(1-3): 1-7.
8. ASAE Standard. 2001. Test Procedure for Determining the Uniformity of Water Distribution of Center Pivot and Lateral Move Irrigation Machines Equipped with Spray or Sprinkler Nozzles.Available online at: http:// www. canr. Msu.edu/updates/ASAE-S436.1 /.Accessed 1 December 2001.
9. Ashraf, N., F. Mirzaei and A. Mohammadbeigi. 2015. Hydraulic evalution centerpivot sprinkler irrigation system and solidset irrigation system with portable sprinkler (Case study : Teaching and Research farm of Tehran University). *Iranian Journal of Soil and Water Research* 46(2): 353-363.
10. Begana, S., S. Angadi, A. Mesbah, R. M. Umsheh and M. Stamm. 2021. Forage yield and quality of winter canola–pea mixed cropping system. *Sustainability* 13(4): 2122.
11. Djman, K. M., Oneil, M. Owen, C. Smeal, D. West, M. Begay, D. Angadi, S. V. Koudahe, K. Allen and K. Lombard. 2018. Seed yield and water productivity of irrigated winter canola (Brassica napus L.) under semiarid climate and high elevation. *Agronomy* 8(6): 90.
12. Hergert, G., J. Margheim, A. Pavlista, , D. Martin, R. Supalla and T. Isbell. 2016. Yield, irrigation response, and water productivity of deficit to fully irrigated spring canola. *Agricultural Water Management* 168: 96-103.
13. Hosseini vardanjani, M., R. M. Khoshravesh, M. Pourgholam, F. Atashkhar and G. R. Shamaei. 2022. Technical evaluation of modern irrigation system in Chaharmahal and Bakhtiari province (Case study : Shahrekord , Saman and Bon counties. *Journal of Water and Soil Conservation* 29(2): 69-89.
14. jiao, J., Y. Wang, L. Han and D. Su. 2017. Comparison of water distribution characteristics for two kinds of sprinklers used for center pivot irrigation systems. *Applied Sciences* 7(4): 421.
15. Naderi, N and A. Ghadami Firouzabadi. 2023. Performance evaluation of center pivot irrigation system and water productivity in some farms of Semnan Province. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering* 52(4): 149-164.
16. Omer, A. M. A. Y, A. E. Mohamed and H. R. B. M. A. Eisa.2020. Effect of center pivot irrigation system hydraulic performance at different operating speeds on the different seasons in Khartoum State, Sudan. *Journal of Agricultural Science and Engineering* 6(1): 8-12.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]

17. Parchami Araghi, F., M. Moayeri and H. Zeinalzadeh Tabrizi. 2021. Assessment of rapeseed water use and water productivity across Moghan Plain, Ardabil Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 15(5): 1172-1186.
18. Rezaei, H., K. Shahbazi, S. Saadat and K. Bazargan. 2022. Investigation of soil pollution and agricultural crops in Iran. *Journal of Land Management* 10(1): 62-93.
19. Saeed, A. B and M. I. Ebeidalla. 2015. Evaluation of the performance of center pivot irrigation system for proper irrigation scheduling. Master thesis, University of Khartoum, Khrtoum, Sudan.
20. Wenting, H., F. Hao, W. Pute and Y. Qing. 2007. Evaluation of sprinkler irrigation uniformity by double interpolation using cubic splines. *In:* 2007 ASAE Annual Meeting, Minneapolis, Minnesota.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74901]