Water Productivity of Potato in Cold, Temperate, and Hot Climates of Kermanshah Province

M. Jovzi*, N. Ebrahimipak, and F. Hamedi

Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. **m.jovzi@areeo.ac.ir**
Associate Prof., Irrigation Research Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. **nebrahimipak@yahoo.com**
Lecturer, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. **fardin_hamedi@yahoo.com**

Received: October 2024 and Accepted: December 2024

Abstract

This research aimed to determine water productivity of potato plants in hot, temperate, and cold climates of Kermanshah Province. In the mentioned climates, Qasr-e-Shirin, Kermanshah, and Sonqor cities, which have the largest area under potato cultivation, were selected for this research. For this purpose, 35 farms were selected under the farmers' conditions, in 2021-2022. The total volume of irrigation water of each of the selected farms was measured during the growing season. Effective precipitation was determined using the USDA equation. The amount of water consumed by farms was also calculated from the total amount of irrigation water and effective precipitation. By dividing the amount of yield by the amount of water consumed, water productivity of the selected farms was determined. SPSS software and ANOVA were used for statistical analysis of the results, which showed that the average volumes of potato irrigation water in the sprinkler method in Qasr-e-Shirin, Kermanshah, and Sonqor cities were 7507, 7186, and 6739 m^3 ha^{-1}, and their average water consumptions were 8002, 7246, and 6783 m^3 ha^{-1}, respectively. The average yield of potatoes in these cities was 24100, 35500, and 36100 kg ha^{-1}, respectively. Therefore, the average water productivity of potatoes in these cities was 3.4, 4.9 and 5.7 kg m^{-3}, respectively. Therefore, the results showed that water productivity of potatoes in Qasr-e-Shirin city was 30% and 40% lower than in Kermanshah and Sonqor cities, respectively. The most important reasons for this were the lower yield and larger volumes of irrigation water in Qasr-e-Shirin.

Keywords: Farmers' fields, Irrigation water, Sprinkler irrigation, Potato yield

*- Corresponding Author's email: **m.jovzi@areeo.ac.ir**
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.367255.1058

مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۸ / شماره ۳/ ۱۴۰۳.ص۱۸۵-۱۹۹
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.367255.1058

بهره‌وری آب سیب‌زمینی در اقلیم‌های سرد، معتدل و گرم استان کرمانشاه

مهدی جوزی*، نیازعلی ابراهیمی‌پاک و فردین حامدی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران. **m.jovzi@areeo.ac.ir**

دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. **nebrahimipak@yahoo.com**

مربی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران. **fardin_hamedi@yahoo.com**

دریافت: مهر ۱۴۰۳ و پذیرش: آذر ۱۴۰۳

چکیده

هدف این پژوهش تعیین بهره‌وری آب مصرفی گیاه سیب‌زمینی در اقلیم‌های گرم، معتدل و سرد استان کرمانشاه است. در این اقلیم‌ها، شهرستان‌های قصر شیرین، کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب دارای بیشترین سطح زیر کشت سیب‌زمینی بودند و برای انجام این پژوهش انتخاب شدند. به این منظور ۳۵ مزرعه در شرایط زارعین در سال ۰۱-۱۴۰۰ انتخاب شد. حجم آب آبیاری هر یک از مزارع منتخب در طول فصل رشد اندازه‌گیری گردید. بارش مؤثر با استفاده از معادله وزارت کشاورزی امریکا تعیین شد. حجم آب مصرفی مزارع نیز از مجموع حجم آب آبیاری و بارش مؤثر محاسبه گردید. از تقسیم مقدار عملکرد بر حجم آب مصرفی، بهره‌وری آب سیب زمینی تعیین شد. برای تحلیل آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS و آنالیز واریانس ANOVA استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین حجم آب آبیاری سیب‌زمینی در روش بارانی در قصر شیرین، کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب ۷۵۰۷، ۷۱۸۶ و ۶۷۳۹ مترمکعب در هکتار و میانگین حجم آب مصرفی آن‌ها نیز به‌ترتیب ۸۰۰۲، ۷۲۴۶ و ۶۷۸۳ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. میانگین عملکرد سیب‌زمینی در این شهرستان‌ها نیز به‌ترتیب ۲۴۱۰۰، ۳۵۵۰۰ و ۳۶۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، میانگین بهره‌وری آب مصرفی سیب‌زمینی در این شهرستان‌ها به‌ترتیب ۳/۴، ۴/۹ و ۵/۷ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. نتایج حاصل نشان داد که مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان قصر شیرین نسبت به دو شهرستان کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب ۳۰٪ و ۴۰٪ کمتر بود که مهم‌ترین دلیل آن کمتر بودن عملکرد و بیشتر بودن حجم آب آبیاری و آب مصرفی سیب‌زمینی در این شهرستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، آبیاری بارانی، عملکرد سیب زمینی، مزارع کشاورزان

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: **m.jovzi@areeo.ac.ir**

CC BY

مقدمه

در سال‌های اخیر به‌واسطه خشک‌سالی‌های اتفاق افتاده، کمبود آب به مهم‌ترین مشکل کشور تبدیل شده است که در استان‌های مختلف به‌وضوح قابل مشاهده است. تحقیقات درباره‌ی خشک‌سالی ایران نشان می‌دهد که در اواخر قرن ۲۰ شدیدترین خشک‌سالی‌ها در آن رخ داده است (دوستان، ۱۳۹۴). از جمله پیامدهای منفی خشک‌سالی، بحران آب و کمبود آن است (دوستان، ۱۳۹۸). کمبود آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از موانع کشاورزی پایدار است. تقاضای رو به رشد برای آب در شهرها و صنایع فشار بیشتری بر منابع آب کشاورزی وارد می‌کند. مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند تمایل دارند از آب محدود به‌طور مؤثرتری استفاده کنند (سی و همکاران، ۲۰۲۴). یکی از مؤثرترین راه‌کارهای مقابله با بحران آب و افزایش تولیدات در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌های مناسب (به‌نژادی، به‌زراعی و کاهش مصرف آب) است. ازاین‌رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرارگرفته است.

از جمله شاخص‌های بهره‌وری آب، شاخص بهره‌وری فیزیکی آب است و مقدار محصولی است که از هر واحد، حجم آب مصرفی به‌دست می‌آید (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). شاخص بهره‌وری آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینه آبیاری است که به‌عنوان شاخصی متقن و علمی برای سنجش مصرف بهینه آب و تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در جهان، افزایش بیشتر تولید محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر موردتوجه است تا از این طریق امکان کاهش سهم آب بخش کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف فراهم گردد (حیدری، ۱۳۹۳). تعیین مقدار این شاخص ازنظر برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب و اقتصاد کشاورزی در مناطق مختلف حائز اهمیت است. با تعیین شاخص بهره‌وری آب آبیاری می‌توان به‌اندازه این شاخص و دلایل پایین‌بودن شاخص ازلحاظ مسائل و مشکلات مدیریتی آبیاری و زراعی محصولات مختلف در مناطق مختلف کشور پی برد و راه‌کارهای لازم را ارائه کرد (کشاورز و دهقانی سانیچ، ۱۳۹۱). در راستای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی اولین گام، شناخت و تعیین بهره‌وری آب است که متأسفانه اطلاعات دقیقی در خصوص میزان آن در استان کرمانشاه وجود ندارد و تنها اطلاعات مربوط به نتایج طرح‌های تحقیقاتی در شرایط معین در دسترس است که با توجه به تفاوت آن شرایط با شرایط مزارع کشاورزان، قابل‌تعمیم نیست.

سیب‌زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* L. پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول غذایی در جهان است که نقش مهمی در تضمین امنیت غذایی ایفا می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ چنگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ سو و همکاران، ۲۰۲۴). بر اساس آخرین آمار فائو که مربوط به سال ۲۰۲۲ میلادی است مساحت کشت و میزان تولید این محصول در جهان به‌ترتیب ۱۷۷۸۸۴۰۸ هکتار و ۳۷۴۷۷۷۷۶۳ تن است (فائواستات، ۲۰۲۴). بر اساس آخرین آمارنامه کشاورزی که مربوط به سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ است مساحت کشت و میزان تولید سیب‌زمینی در ایران نیز به‌ترتیب ۱۳۱۰۸۰ هکتار و ۴۶۸۶۸۵۱ تن است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲). بر اساس آمار دریافتی از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مساحت کشت سیب‌زمینی ۴۷۰۴ هکتار با تولید ۲۶۹۶۱۴ تن است. استان کرمانشاه بر اساس آمار سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به لحاظ میزان سطح کشت، تولید و عملکرد سیب‌زمینی به ترتیب جایگاه دوازدهم، نهم و اول را در کشور دارد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲). طبق آمار ارائه‌شده، سیب‌زمینی از جمله‌ی محصولات مهم و عمده‌ی زراعی در استان کرمانشاه است و با توجه به اهمیت اقتصادی - اجتماعی و امنیت غذایی این محصول در استان، تعیین شاخص بهره‌وری مصرف آب گیاه سیب‌زمینی در این استان ضروری است.

در مناطق مختلف پژوهش‌های متعددی در مورد تعیین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی انجام یافته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۹) در استان همدان مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی را در روش‌های آبیاری سنتی، هیدروفلوم و بارانی به‌ترتیب ۱/۲، ۲/۴، ۳/۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند. قاسمی‌نژاد رائینی و معروفی (۱۳۹۰) در دشت همدان-بهار مقدار آب مصرفی سیب‌زمینی در شرایط مدیریت کشاورزان را بین ۵۰۹۲ تا ۸۲۷۹ مترمکعب در هکتار تعیین کردند. حیدری (۱۳۹۰) در تحقیقی که در استان‌های کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان انجام داد میانگین شاخص بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی را ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرد. قدمی فیروزآبادی (۱۳۹۵) در دشت همدان-بهار میانگین حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در مزارعی که به روش نشتی و بارانی آبیاری می‌شدند را به‌ترتیب ۱۰۸۷۶ و ۸۲۳۳ مترمکعب در هکتار به‌دست آورد ایشان مقدار عملکرد سیب‌زمینی در این دو روش آبیاری را به‌ترتیب ۴۳/۵ و ۵۱/۵ تن در هکتار و مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی را ۴/۰ و ۶/۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود. معیری (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای در مزارع شمال خوزستان متوسط بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی را ۵/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آورد. شاهرخ‌نیا و باغانی (۱۴۰۰) طی پژوهشی در سه منطقه اقلید، خرمبید و آباده استان فارس بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای را ۲/۶۳ تا ۷/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. وجدانی (۱۴۰۱) میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در ایران را ۴/۰ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد نمود. جلینی و همکاران (۱۴۰۰) در منطقه فریمان و تربت حیدریه استان خراسان رضوی مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای را ۲/۲۲ تا ۵/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند. نیازمند و همکاران (۱۴۰۲) در دشت دهگلان استان کردستان مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در روش آبیاری بارانی را ۳/۵ تا ۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. کامارگو و همکاران (۲۰۱۵) در آلباسته اسپانیا بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در آبیاری بارانی سنترپیوت را ۷/۱ تا ۱۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. فاندیکا و همکاران (۲۰۱۶) در نیوزلند بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در آبیاری بارانی را ۴/۵ تا ۱۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند. تانگ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای در شمال کشور چین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در آبیاری بارانی را ۳/۰ تا ۷/۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند. ایرنا و موروميکاله (۲۰۱۸) در سیسیل ایتالیا مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای را ۵/۳ تا ۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند. کروسبی و وانگ (۲۰۲۱) در ایالت ویسکانسین مرکزی آمریکا مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در آبیاری بارانی را ۵/۹ تا ۸/۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند.

بررسی منابع نشان داد تعیین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در داخل و خارج از کشور موردتوجه بوده است اما اطلاعات دقیقی در خصوص میزان بهره‌وری آب مصرفی سیب‌زمینی در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه وجود ندارد و فقط اطلاعات مربوط به نتایج طرح‌های تحقیقاتی در شرایط معین در دسترس است که با شرایط مزارع کشاورزان تفاوت داشته و قابل‌تعمیم به شرایط واقعی نیست. لذا در این پژوهش، بهره‌وری آب مصرفی سیب‌زمینی در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه به‌صورت پژوهش مزرعه‌ای و در شرایط کشاورزان تعیین گردید.

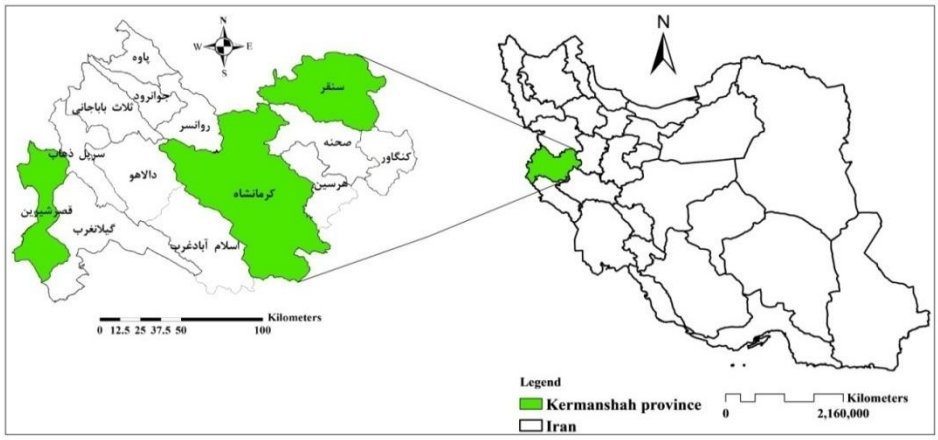
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه در موقعیت جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۴۱

دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است. این استان با مساحتی معادل ۲۴۴۳۴/۲۵ کیلومترمربع حدود ۱/۵ درصد از مساحت کشور را در بر داشته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸).

به‌طورکلی استان کرمانشاه را بر اساس دما، بارش و ناهمواری می‌توان به سه منطقه آب و هوایی تقسیم کرد (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹): الف) منطقه سردسیر: این نوع آب‌وهوا در مناطق مرتفع استان مشاهده می‌شود. بخش‌هایی از شهرستان‌های کنگاور، سنقر، پاوه، جوانرود و همچنین بخش‌هایی از ثلاث باباجانی از این نوع آب‌وهوا برخوردارند. میانگین دمای تابستان و زمستان این منطقه به‌ترتیب ۲۶/۶ و ۳/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش ۵۳۸ میلی‌متر است که بیشتر آن به‌صورت برف است. تابستان‌های ملایم تا گرم و زمستان‌های سرد تا خیلی سرد، از مهم‌ترین ویژگی‌های این نوع آب‌وهوا است. ب) منطقه گرمسیر: اراضی پست واقع در غرب استان، شامل قصر شیرین، سومار، سرپل ذهاب و گیلانغرب از مناطق گرمسیری استان به شمار می‌رود. ارتفاع کم و استقرار در مجاورت بیابان‌های خشک عراق از عوامل مؤثر در گرم بودن این منطقه است. میانگین دمای تابستان و زمستان به‌ترتیب ۳۲/۵ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. این منطقه به‌طور میانگین ۳۸۵ میلی‌متر بارش دارد و برف به‌ندرت در این منطقه آب و هوایی مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های این آب‌وهوا، تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های ملایم است. ج) منطقه معتدل: مناطقی که در حد فاصل دو منطقه گرمسیری غرب و سردسیری شرق و شمال استان قرار دارند، دارای زمستان‌های ملایم تا سرد و تابستان‌های گرم هستند. میانگین دمای تابستان و زمستان این منطقه به‌ترتیب ۲۶/۱ و ۴/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش ۴۴۱ میلی‌متر است. بخش اعظم شهرستان‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد، روانسر، صحنه، هرسین و بخشی از دالاهو در این منطقه آب و هوایی قرار گرفته‌اند. در شکل زیر موقعیت استان کرمانشاه و شهرستان‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت شهرستان‌های مورد مطالعه در استان کرمانشاه

این مطالعه به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی محصول سیب‌زمینی در طول فصل زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه در ۳۵ مزرعه اجرا شد. جزئیات مربوط به روش انجام کار به شرح زیر ارائه می‌گردد.

انتخاب مناطق مورد مطالعه

در یک تقسیم‌بندی کلی، می‌توان اقلیم‌های آب و هوایی استان کرمانشاه را در سه اقلیم کلی گرم، معتدل و سرد تقسیم‌بندی نمود (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهش حاضر ابتدا بر اساس آخرین آمار سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه شهرستان‌های قصر شیرین، کرمانشاه و سنقر که به‌ترتیب در اقلیم‌های ذکرشده

دارای بیشترین سطح زیر کشت محصول سیب‌زمینی، در استان بوده به‌عنوان مناطق آزمایشی انتخاب شدند (جدول ۱).

انتخاب مزارع آزمایشی

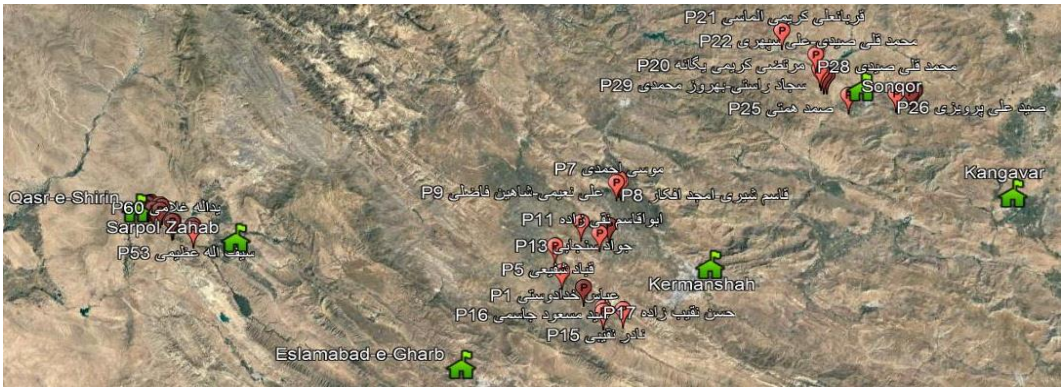
به‌منظور انتخاب مزارع در شهرستان‌های مورد مطالعه با کمک کارشناسان مدیریت هماهنگی ترویج، مدیریت آب‌وخاک و معاونت تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه و شهرستان‌های مورد نظر، مزارع شناسایی و انتخاب شدند. مزارع آزمایشی به‌گونه‌ای انتخاب گردیدند که عوامل مختلفی از جمله بافت خاک، کیفیت آب آبیاری و ارقام مختلف را پوشش دهند. لازم به ذکر است که برای محصول سیب‌زمینی فقط آبیاری بارانی به‌صورت مرسوم در استان استفاده می‌شد. در جدول زیر تعداد مزارع انتخابی هر شهرستان ارائه شده است. پراکنش مزارع انتخابی در این شهرستان‌ها نیز در شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مساحت کشت محصول سیب‌زمینی در شهرستان‌های استان کرمانشاه بر اساس آمار سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

نام شهرستان	مساحت (هکتار)
کنگاور	170
سنقر	657
صحنه	141
کرمانشاه	2680
اسلام‌آباد غرب	150
هرسین	30
روانسر	890
دالاهو	20
جوانرود	0
پاوه	0
سرپل ذهاب	330
قصر شیرین	980
گیلانغرب	2
ثلاث باباجانی	0
مجموع	6050

جدول ۲- تعداد مزارع انتخاب‌شده در شهرستان‌های استان کرمانشاه

نام شهرستان	روش آبیاری	تعداد مزارع
سنقر	بارانی	12
کرمانشاه	بارانی	12
قصر شیرین	بارانی	11
مجموع	-	35



شکل ۲- پراکنش مزارع مورد مطالعه پژوهش در سطح استان کرمانشاه

برای انجام این پژوهش، مزارع منتخب در طول فصل رشد مورد پایش زراعی قرار گرفتند و مواردی نظیر تاریخ کاشت، نوع رقم به‌کاررفته، مدت زمان مراحل چهارگانه رشد و تاریخ برداشت یادداشت‌برداری شد. مشخصات عمومی مزارع منتخب مثل مشخصات بهره‌برداران، مساحت، روش آبیاری، موقعیت دقیق مکانی با GPS و ... در فرم‌های ثبت اطلاعات عمومی مزارع انتخابی یادداشت گردید. برخی از مشخصات خاک‌های مزارع منتخب و ارقام کشت‌شده در شهرستان‌های مورد مطالعه در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۳- برخی از مشخصات خاک‌های مزارع منتخب سیب‌زمینی و ارقام کشت‌شده در شهرستان‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه

نام شهرستان	شماره مزرعه	رقم	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	pH
سنقر	1	سانته	31.2	40.2	28.6	C-L	0.72	7.51
	2	بانبا	15.6	45.8	38.6	Si-C-L	1.93	6.93
	3	بانبا	21.6	46.4	32	C-L	0.72	7.62
	4	جلی	11.6	52.4	36	Si-C-L	0.58	7.57
	5	چلنجر	5.6	60.4	34	Si-C-L	0.61	7.47
	6	کلمبا	5.6	56.4	38	Si-C-L	0.55	7.69
	7	کلمبا	15.6	46.4	38	Si-C-L	0.46	7.69
	8	کلمبا	5.6	54.4	40	Si-C	0.51	7.63
	9	سانته	25.6	42.4	32	C-L	1.06	7.46
	10	آگریا	15.6	48.4	36	Si-C-L	0.54	7.51
	11	اسپریت	30.6	36	33.4	C-L	0.51	7.62
	12	بانبا	11.2	52.4	36.4	Si-C-L	0.68	7.63
کرمانشاه	13	بانبا	3.4	59.3	37.3	Si-C-L	0.46	7.56
	14	سانته	9.4	64.2	26.4	Si-L	0.49	7.55
	15	سانته	4	60.6	35.4	Si-C-L	0.53	7.56
	16	بانبا	20	44.6	35.4	Si-C-L	0.74	7.49
	17	سانته	14	44.6	41.4	Si-C	1.97	7.05
	18	بانبا	14	50.7	35.3	Si-C-L	0.67	7.7
	19	جلی	2	62.6	35.4	Si-C-L	1.04	7.25
	20	جلی	3.4	58.6	38	Si-C-L	0.76	7.56
	21	سانته	5.4	54.6	40	Si-C	0.86	7.7
	22	سانته	6.4	59.3	34.3	Si-C-L	0.6	7.81
	23	بانبا	9.4	53.3	37.3	Si-C-L	0.76	7.66
	24	بانبا	18	48.7	33.3	Si-C-L	0.38	7.5
قصر شیرین	25	بورن	15.6	45.6	38.8	Si-C-L	1.67	7.69
	26	آریندا	36.2	40.4	23.4	L	0.53	8.06
	27	بانبا	23.6	47.6	28.8	C-L	0.51	7.89
	28	بانبا	34	43.2	22.8	L	0.39	8.04
	29	بورن	39.6	41	19.4	L	0.79	7.97
	30	بورن	35	54.2	10.8	Si-L	0.84	7.86
	31	بورن	28	49.2	22.8	L	1.45	7.85
	32	آریندا	25	49.2	25.8	L	0.54	8.06
	33	بورن	10	60.2	29.8	Si-C-L	1.19	7.93
	34	بانبا	29.6	41.6	28.8	C-L	0.96	7.81
	35	بانبا	24.2	48.4	27.4	L	0.56	7.94

حجم آب مصرفی سیب‌زمینی

برای تعیین میزان آب مصرفی، ابتدا مقدار دبی ورودی آب به مزارع منتخب که از منابع آب مختلف (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) برداشت می‌شود با وسیله مناسب (فلوم WSC، کنتور آب حجمی، دبی‌سنج التراسونیک مدل TUF2000B، میکرومولینه نوع پروانه‌ای) اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به مزرعه با پایش دقیق برنامه آبیاری مزرعه (مدت زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب آبیاری محصول مورد مطالعه برای هر کدام از مزارع منتخب از رابطه زیر تعیین شد.

$$VI = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q \times T_i}{A} \quad (۱)$$

که در آن، Q دبی ورودی به مزرعه (مترمکعب در ثانیه)، T_i مدت زمان هر آبیاری (ثانیه)، A مساحت مزرعه (هکتار) و n تعداد آبیاری است.

بعد از تعیین حجم آب آبیاری، حجم آب مصرفی از رابطه زیر محاسبه شد.

$$TWC = VI + Pe \quad (۲)$$

که در آن، VI حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، Pe بارش مؤثر در طول فصل کشت (مترمکعب در هکتار) و TWC حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) است.

بارش مؤثر نیز از رابطه USDA تعیین شد (چاپاگین و هوکسترا، ۲۰۱۱).

$$Pe = \begin{cases} \frac{P_t \times (125-0.2\,P_t)}{125} & \text{if } P_t<250 \text{ mm} \\ (125+0.1\,P_t) & \text{if } P_t\geq 250 \text{ mm} \end{cases} \quad (۳)$$

که در آن P_t بارش (میلی‌متر) و Pe بارش مؤثر در طول فصل کشت (میلی‌متر) است. مقدار P_t نیز با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به مزارع منتخب تعیین گردید. از ضرب نمودن مقدار Pe برحسب میلی‌متر در عدد ۱۰ نیز، مقدار Pe بر حسب مترمکعب در هکتار به‌دست آمد.

لازم به ذکر است که پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر کدام از مزارع منتخب شامل: دبی ورودی به مزرعه، مدت زمان هر آبیاری، تعداد نوبت‌های آبیاری، میزان آب مصرفی در طول دوره رشد، میزان تولید محصول، عملکرد محصول در واحد سطح و ... در فرم‌های ثبت اطلاعات عمومی مزارع انتخابی درج شد.

بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی

به‌منظور تعیین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی (CPD) که نسبت مقدار محصول تولید شده به مقدار حجم آب مصرفی است از رابطه زیر استفاده شد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

$$CPD = \frac{TP}{TWC} \quad (۴)$$

که در آن، TP مقدار محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار)، TWC حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) و CPD بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی (کیلوگرم بر مترمکعب) است.

تحلیل آماری

بعد از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبات مربوط به بارندگی مؤثر، حجم آب مصرفی و بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی هر یک از مزارع منتخب در اقلیم‌های مختلف استان، اطلاعات مورد نظر در یک بانک اطلاعاتی ذخیره و سپس این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و با استفاده از پس آزمون‌های آن (Post Hoc)، مقادیر آب آبیاری، بارش مؤثر، حجم آب مصرفی، عملکرد محصول و بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی در مناطق مورد پژوهش استان کرمانشاه مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند.

نتایج و بحث

حجم کل آب آبیاری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد تفاوت حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه در روش آبیاری بارانی در سطح احتمال پنج درصد غیرمعنی‌دار بود (Sig > ۰/۰۵).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری (Sig.)
بین شهرستان‌ها	3437392.3	2	1718696.1	0.47	0.629
درون شهرستان‌ها	1.17E+08	32	3653572.3		
کل سه منطقه	1.20E+08	34			

مقایسه میانگین حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین میانگین حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی با ۷۵۰۷ مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان قصر شیرین بود و کمترین آن با ۶۷۳۹ مترمکعب در هکتار به شهرستان سنقر اختصاص داشت هرچند که تفاوت آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. میانگین حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در سه منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه نیز ۷۱۳۴ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. حداقل حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین به‌ترتیب ۳۸۳۲، ۴۸۷۶ و ۴۲۸۵ مترمکعب در هکتار بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۱۰۳۰، ۹۱۳۵ و ۱۰۲۱۱ مترمکعب در هکتار حاصل شد. قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۹۴) در شهرستان همدان میانگین حجم آب آبیاری سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی را به‌ترتیب ۱۵۷۵۳ و ۸۴۲۸ مترمکعب در هکتار به‌دست آوردند که مقدار روش بارانی آن با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. کریمی و جلینی (۱۳۹۶) مقدار میانگین حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی را در دشت مشهد ۱۷۵۶۹ مترمکعب در هکتار برآورد نمودند که با میانگین نتایج پژوهش حاضر (۷۱۳۴ مترمکعب در هکتار) همخوانی ندارد. به‌نظر می‌رسد تفاوت دو پژوهش علاوه بر تفاوت اقلیم و مدیریت آبیاری کشاورزان، به‌علت عدم اندازه‌گیری آب آبیاری و لحاظ نمودن راندمان آبیاری سیب‌زمینی برابر ۵۰/۲ درصد در دشت مشهد و برآورد حجم کل آب آبیاری از تقسیم نیاز آبی سیب‌زمینی (۸۸۲۰ مترمکعب در هکتار، برآورد شده از NETWAT) به این راندمان توسط آن‌ها باشد که باعث شده است حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی احتمالاً بیش از مقدار واقعی آن در شرایط کشاورزان باشد.

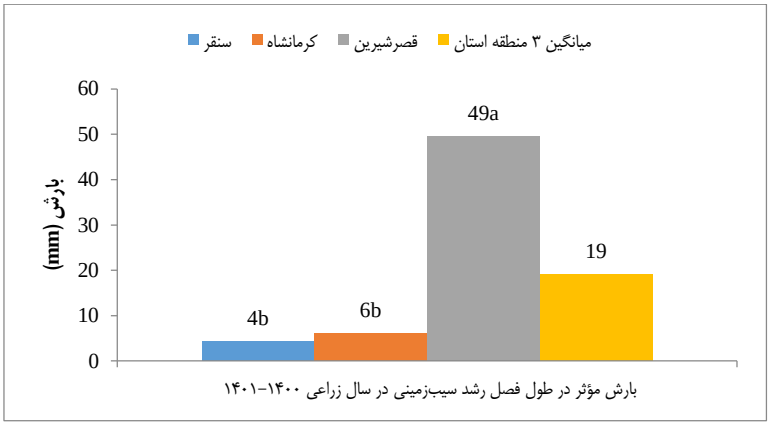
جدول ۵- مقایسه میانگین و آماره‌های توصیفی حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی (مترمکعب در هکتار) در شهرستان‌های مورد مطالعه

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان 95٪ برای میانگین		حداقل	حداکثر
					حد پایین	حد بالا		
سنقر	12	6739a	2043.2	589.8	5440.8	8037.1	3832	11030
کرمانشاه	12	7186a	1147.6	331.3	6456.7	7915.1	4876	9135
قصر شیرین	11	7507a	2377.1	716.7	5910.3	9104.2	4285	10211
کل سه منطقه	35	7134	1881.4	318.0	6487.4	7779.9	3832	11030

در ستون میانگین اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند

بارش مؤثر

در شکل زیر مقایسه بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه، قصر شیرین و میانگین این سه شهرستان ارائه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد مقدار بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در شهرستان‌های ذکرشده و میانگین آن‌ها به‌ترتیب ۴، ۶، ۴۹ و ۱۹ میلی‌متر بود. مقدار بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در سال زراعی جاری در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب ۷۹ و ۶۸ درصد کمتر از میانگین این سه شهرستان مورد مطالعه استان کرمانشاه بود اما مقدار بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در سال زراعی جاری در شهرستان قصر شیرین ۱۵۸ درصد بیشتر از میانگین این سه شهرستان مورد مطالعه بود.



شکل ۳- مقایسه میانگین بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه

اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند

حجم آب مصرفی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد تفاوت حجم آب مصرفی (حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی + بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب‌زمینی در سال زراعی جاری) سیب‌زمینی در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های مورد مطالعه در سطح احتمال پنج درصد غیرمعنی‌دار بود (Sig > ۰/۰۵).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری (Sig.)
بین شهرستان‌ها	8647262.9	2	4323631.5	1.19	0.317
درون شهرستان‌ها	1.16E+08	32	3632130.7		
کل سه منطقه	1.25E+08	34			

مقایسه میانگین حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین میانگین حجم آب مصرفی سیب‌زمینی با ۸۰۰۲ مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان قصر شیرین بود و کمترین آن با ۶۷۸۳ مترمکعب در هکتار به شهرستان سنقر اختصاص داشت. مقدار این پارامتر در شهرستان کرمانشاه ۷۲۴۶ مترمکعب در هکتار بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر مورد مطالعه غیرمعنی‌دار بود. میانگین حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در سه منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه نیز ۷۳۲۵ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان قصر شیرین نه درصد بیشتر و در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب هفت و یک درصد کمتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه مورد مطالعه استان کرمانشاه بود. حداقل حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین به‌ترتیب ۳۸۵۴، ۴۹۷۹ و ۴۷۲۳ مترمکعب در هکتار بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۱۰۷۵، ۹۱۶۹ و ۱۰۷۷۸ مترمکعب در هکتار حاصل شد. موسی‌پور گرجی و حسن‌پناه (۱۳۹۷) حجم آب مصرفی سیب‌زمینی را ۷۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار با توجه به شرایط مختلف همچون نوع سیستم آبیاری و رقم سیب‌زمینی گزارش نمودند که با مقدار میانگین حجم آب مصرفی (۶۷۸۳ تا ۸۰۰۲ مترمکعب در هکتار) حاصل از نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین و آماره‌های توصیفی حجم آب مصرفی سیب‌زمینی (مترمکعب در هکتار) در شهرستان‌های مورد مطالعه

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان 95٪ برای میانگین		حداقل	حداکثر
					حد پایین	حد بالا		
سنقر	12	6783a	2055.3	593.3	5476.9	8088.6	3854	11075
کرمانشاه	12	7246a	1132.7	327.0	6526.7	7966.1	4979	9169
قصر شیرین	11	8002a	2359.0	711.3	6417.4	9587.0	4723	10778
کل سه منطقه	35	7325	1916.5	323.9	6666.6	7983.3	3854	11075

در ستون میانگین اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند

عملکرد سیب‌زمینی

مقایسه میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی با ۳۶۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به شهرستان سنقر بود و کمترین آن با ۲۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به شهرستان قصر شیرین اختصاص داشت. مقدار این پارامتر در شهرستان کرمانشاه ۳۵۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که تفاوت آن با شهرستان قصر شیرین از لحاظ آماری معنی‌دار و با شهرستان سنقر غیرمعنی‌دار بود. میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی در سه منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه نیز ۳۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب ۱۳ و ۱۱ درصد بیشتر و در شهرستان قصر شیرین ۲۵ درصد کمتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه مورد مطالعه استان کرمانشاه بود. از جمله دلایل تولید محصول کمتر سیب‌زمینی در شهرستان قصر شیرین نسبت به سایر شهرستان‌ها برخورد دوره رشد گیاه با یک دوره‌ی سرمای کوتاه‌مدت در اوایل فصل رشد گیاه و غلظت بالای ریزگردهای ورودی به منطقه از سمت کشور عراق و نشستن آن‌ها روی برگ‌های گیاه و احتمالاً کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه در این شهرستان است. نوری خواجه بلاغ و همکاران (۱۳۹۹) میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی را در دشت اردبیل ۳۵۳۶۹ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند که مقدار آن با مقدار میانگین حاصل از نتایج این پژوهش در منطقه سردسیر استان کرمانشاه (سنقر با ۳۶۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) هم‌خوانی دارد. کریمی و جلینی (۱۳۹۶) مقدار میانگین محصول تولید شده سیب‌زمینی را در دشت مشهد ۳۲۰۰۸ کیلوگرم در هکتار تعیین نمودند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

جدول ۸- مقایسه میانگین و آماره‌های توصیفی محصول تولید شده‌ی سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار) در شهرستان‌های مورد مطالعه

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان 95٪ برای میانگین		حداقل	حداکثر
					حد پایین	حد بالا		
سنقر	12	36100a	9830	2838	29838	42329	22000	50000
کرمانشاه	12	35500a	11066	3194	28469	42531	20000	60000
قصر شیرین	11	24100b	8502	2564	18379	29803	8000	41000
کل سه منطقه	35	32100	11071	1871	28311	35917	8000	60000

در ستون میانگین اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند

بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد تفاوت بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (Sig < ۰/۰۵).

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری (Sig.)
بین شهرستان‌ها	30.1	2	15.1	4.9	0.014
درون شهرستان‌ها	98.0	32	3.1		
کل سه منطقه	128.1	34			

مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین در جدول زیر ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی با ۵/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به شهرستان سنقر بود و کمترین آن با ۳/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب به شهرستان قصر شیرین اختصاص داشت. مقدار این پارامتر در شهرستان کرمانشاه ۴/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در سه منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه نیز ۴/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان قصر شیرین ۲۷ درصد کمتر و در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب ۲۱ و ۴/۵ درصد بیشتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه مورد مطالعه استان کرمانشاه بود. حداقل بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و قصر شیرین به‌ترتیب ۲/۹۷، ۲/۵۷ و ۰/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۹/۷۱، ۷/۰۳ و ۶/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۹۴) در شهرستان همدان میانگین بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی را به‌ترتیب ۳/۱ و ۶/۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند که مقدار روش بارانی آن با نتایج پژوهش حاضر در منطقه سردسیر استان کرمانشاه (سنقر با ۵/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب) همخوانی دارد. نوری خواجه بلاغ و همکاران (۱۳۹۹) بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی محصول سیب‌زمینی را در دشت اردبیل ۲/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند که مقدار آن با مقدار میانگین حاصل از نتایج این پژوهش در منطقه سردسیر استان کرمانشاه (سنقر با ۵/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب) هم‌خوانی ندارد. با توجه به این‌که مقدار محصول تولیدشده سیب‌زمینی در پژوهش آن‌ها با ۳۵۳۶۹ کیلوگرم در هکتار تفاوت چندانی با مقدار محصول تولیدشده این پژوهش (۳۶۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت لذا این عدم هم‌خوانی در نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر به‌دلیل بیشتر بودن آب مصرفی محصول سیب‌زمینی در آن پژوهش (۱۲۰۹۱ مترمکعب در هکتار) با نتایج پژوهش حاضر (۶۷۸۳ مترمکعب در هکتار) است. این بیشتر بودن آب مصرفی در پژوهش آن‌ها نیز احتمالاً به دلیل استفاده از روش آبیاری سطحی در منطقه پژوهش آن‌ها در مقایسه با روش آبیاری بارانی مورد استفاده در مزارع مورد مطالعه این پژوهش بود علی‌رغم این‌که در آن پژوهش نوع روش آبیاری مشخص نشده بود. کریمی و جلینی (۱۳۹۶) مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی را در دشت مشهد ۱/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد. هرچند که میانگین محصول تولید شده توسط آن‌ها (۳۲۰۰۸ کیلوگرم در هکتار) تفاوت چندانی با مقدار میانگین حاصل از پژوهش حاضر (۳۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت اما بیشتر برآورد شدن حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی (۱۷۵۷۰ در مقابل ۷۱۳۴ مترمکعب در هکتار)، به دلیل لحاظ نمودن راندمان آبیاری سیب‌زمینی برابر ۵۰/۲ درصد در دشت مشهد و برآورد حجم کل آب آبیاری (۱۷۵۷۰ مترمکعب در هکتار) از تقسیم نیاز آبی سیب‌زمینی (۸۸۲۰ مترمکعب در هکتار) به این راندمان توسط آن‌ها، موجب کمتر برآورد شدن مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی در پژوهش آن‌ها شده است.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین و آماره‌های توصیفی بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی (کیلوگرم بر مترمکعب) در شهرستان‌های مورد مطالعه

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان 95٪ برای میانگین		حداقل	حداکثر
					حد پایین	حد بالا		
سنقر	12	5.67a	2.08	0.60	4.35	7.00	2.97	9.71
کرمانشاه	12	4.91ab	1.25	0.36	4.11	5.70	2.57	7.03
قصر شیرین	11	3.41b	1.82	0.55	2.19	4.63	0.76	6.78
کل سه منطقه	35	4.70	1.94	0.33	4.03	5.37	0.76	9.71

در ستون میانگین اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مقادیر حجم کل آب آبیاری سیب‌زمینی در روش آبیاری بارانی در اقلیم‌های سرد (سنقر)، معتدل (کرمانشاه) و گرم (قصر شیرین) استان کرمانشاه به‌ترتیب ۶۷۳۹، ۷۱۸۶ و ۷۵۰۷ مترمکعب در هکتار، حجم آب مصرفی به‌ترتیب ۶۷۸۳، ۷۲۴۶ و ۸۰۰۲ مترمکعب در هکتار، میانگین عملکرد به‌ترتیب ۳۶۱۰۰، ۳۵۵۰۰ و ۲۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی به‌ترتیب ۵/۷، ۴/۹ و ۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شدند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که حجم کل آب آبیاری و حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در اقلیم گرم استان نسبت به اقلیم سرد و معتدل استان بیشتر است. تاریخ کاشت مرسوم سیب‌زمینی در اقلیم گرم استان دی‌ماه است و این ماه و دو ماه بعد از آن، از ماه‌های خنک سال در این منطقه است بنابراین انتظار می‌رفت کشاورزان حجم آب آبیاری کمتری را نسبت به دو اقلیم دیگر استان به کار برند اما به‌دلیل عدم آگاهی کشاورزان با تعیین نیاز آبی سیب‌زمینی و تعیین مدت زمان کارکرد آبپاش‌ها، مدت کارکرد هر آبپاش را بیش از مقدار مورد نیاز به کار می‌بردند. این امر باعث بیشتر شدن مقدار آب آبیاری و حجم آب مصرفی سیب‌زمینی در این منطقه شد. از طرف دیگر نتایج نشان داد مقدار عملکرد سیب‌زمینی در اقلیم گرم کمتر از دو اقلیم دیگر استان است. از جمله دلایل عملکرد کمتر سیب‌زمینی در شهرستان قصر شیرین (اقلیم گرم) نسبت به سایر شهرستان‌ها (اقلیم‌های معتدل و سرد) برخورد دوره رشد گیاه با یک دوره‌ی سرمای کوتاه‌مدت در اوایل فصل رشد گیاه و غلظت بالای ریزگردهای ورودی به منطقه از سمت کشور عراق و نشستن آن‌ها روی برگ‌های گیاه و احتمالاً کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه در این شهرستان است. کمتر بودن عملکرد سیب‌زمینی و بیشتر بودن حجم آب مصرفی در اقلیم گرم نهایتاً منجر به کاهش بهره‌وری آب سیب‌زمینی در منطقه گرم استان شد. لذا می‌توان با مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی و آموزش کشاورزان در راستای کاهش مصرف آب در این شهرستان اقدام به افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب و نهایتاً افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی سیب‌زمینی کرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش بر اساس نتایج پروژه پژوهشی با شماره مصوب ۰۰۷۷۳-۰۱۹-۱۰-۵۵-۲۴ از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه نگاشته شده است. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این بزرگواران اعلام می‌دارند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. احسانی، مهرزاد، و خالدی، هومن، ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱۶ صفحه.

۲. جلینی، محمد، کریمی، محمد، و باغانی، جواد، ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان خراسان رضوی. *آب و توسعه پایدار*، ۸(۴)، صص. ۵۸-۵۱.
doi: 10.22067/jwsd.v8i4.2108.1075

۳. حیدری، نادر، ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی و عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت آب کشور در این زمینه. *مجلس و راهبرد*، ۲۱(۷۸)، صص. ۱۹۹-۱۷۷. **doi: 10.1002/ird.1816**

۴. حیدری، نادر، ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. *مدیریت آب و آبیاری*، ۱(۲)، صص. ۵۷-۴۳.

۵. دوستان، رضا، ۱۳۹۸. تحلیلی بر تحقیقات خشکسالی در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶(۴)، صص. ۹۴-۵۳. **doi: 10.29252/jsaeh.6.4.53**

۶. دوستان، رضا، ۱۳۹۴. تحلیلی بر خشک‌سالی‌های ایران در نیم قرن گذشته. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۲۳(۶)، صص. ۱۹-۱.

۷. رحیم‌زاده، زهرا، نادریان، پروین، ابری‌فام، محمدرضا، حسینی، کامبیز، و افکاری، سهیلا، ۱۳۹۹. استان‌شناسی کرمانشاه. چاپ دهم، انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. ۱۲۶ صفحه.

۸. شاهرخ‌نیا، محمدعلی، و باغانی، جواد، ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس. *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۵(۳)، صص. ۶۳۵-۶۲۴.
dor: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.12.6

۹. عباسی، فریبرز، عباسی، نادر، و توکلی، علیرضا، ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، چالش‌ها و چشم‌اندازها. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۱)، صص. ۱۴۴-۱۴۱. **doi: 10.22067/jwsd.v4i1.67121**

۱۰. قاسمی‌نژاد رائینی، محمدرضا، و معروفی، صفر، ۱۳۹۰. مطالعه شاخص بهره‌وری آب، در مزارع سیب‌زمینی دشت همدان ـ بهار. *علوم و مهندسی آب*، ۱(۱)، صص. ۹۴-۸۷.

۱۱. قدمی فیروزآبادی، علی، ۱۳۹۵. بررسی بازده، میزان انرژی مصرفی و کارایی مصرف آب در ایستگاه‌های پمپاژ برقی. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۷ (۱)، صص. ۱۴—۱.

۱۲. قدمی فیروزآبادی، علی، سیدان، سید محسن، و عباسی، فریبرز، ۱۳۸۹. ارزیابی فنی و اقتصادی آبیاری با لوله‌های کم‌فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با آبیاری سنتی و بارانی. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۱(۲)، صص. ۸۴—۷۳.

۱۳. قدمی فیروزآبادی، علی، و سیدان، سید محسن، ۱۳۹۴. بررسی فنی و اقتصادی آب مصرفی و انرژی در سامانه‌های مختلف آبیاری در مزارع سیب‌زمینی و یونجه در شهرستان همدان. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران. ۴۸ صفحه.

۱۴. کریمی، محمد، و جلینی، محمد، ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۱)، صص. ۱۳۸-۱۳۳.
doi: 10.22067/jwsd.v4i1.52783

۱۵. کریمی، مرتضی، شاه‌زیدی، سمیه سادات، و جعفری، ابراهیم، ۱۳۹۸. بررسی تأثیر توپوگرافی بر دفاع سرزمینی مطالعه موردی: محور استراتژیک قصرشیرین-کرمانشاه. *اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۲۸(۱۰۹)، صص. ۲۵۷-۲۳۹. **doi: 10.22131/sepehr.2019.35650**

۱۶. کشاورز، عباس، و دهقانی سانیچ، حسین، ۱۳۹۱. شاخص بهره‌وری آب و راهکار آتیه کشاورزی کشور. *راهبرد اقتصادی*، ۱(۱)، صص. ۱۹۹-۱۳۳.

۱۷. معیری، منصور، ۱۳۹۹. تحلیل کارائی مصرف آب سیب‌زمینی مزارع شمال استان خوزستان. *مدیریت آب در کشاورزی*، ۷(۱)، صص. ۸۲-۶۵. **dor: 20.1001.1.24764531.1399.7.1.7.4**

۱۸. موسی‌پور گرجی، احمد، و حسن‌پناه، داود، ۱۳۹۷. دستورالعمل فنی عوامل مدیریتی و تأثیر آن‌ها بر مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران. ۵۹ صفحه.

۱۹. نوری خواجه بلاغ، رسول، خالدیان، محمدرضا، و کاوسی کلاشمی، محمد، ۱۳۹۹. مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات عمده زراعی در دشت اردبیل. *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴(۳)، صص. ۹۰۴-۸۹۴. **dor: 20.1001.1.20087942.1399.14.3.14.1**

۲۰. نیازمند، رویا، مقدم‌نیا، آرمان، طهماسبی، پیمان، نیک‌مهر، سامان، و معروف‌پور، عیسی، ۱۴۰۲. بهره‌وری مصرف آب و انرژی محصول سیب‌زمینی در سامانه‌های آبیاری بارانی (مطالعه موردی: دشت دهگلان استان کردستان). *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۳(۴)، صص. ۱۳۷-۱۱۶. **doi: 10.22126/atwe.2024.10298.1106**

۲۱. وجدانی، حمیدرضا، ۱۴۰۱. تحلیلی بر تولید سیب‌زمینی در ایران و جهان و نقش آن در امنیت غذایی. *مجله ترویجی علوم کاربردی سیب‌زمینی*، ۵(۱)، صص. ۴۴-۳۵.

۲۲. وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲. آمارنامه کشاورزی، سال ۱۴۰۱، محصولات زراعی (جلد اول). انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز آمار، فناوری و اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. ۹۵ صفحه.

23. Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., 2011. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics*, *70*(4), pp. 749-758. **doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.11.012**
24. Camargo, D. C., Montoya, F., Ortega, J. F. and Córcoles, J. I., 2015. Potato Yield and Water Use Efficiency Responses to Irrigation in Semiarid Conditions. *Agronomy Journal*, *107*(6), pp. 2120–2131. **doi: 10.2134/agronj14.0572**
25. Cheng, M., Wang, H., Zhang, F., Wang, X., Liao, Z., Zhang, S., Yang, Q. and Fan, J., 2023. Effects of irrigation and fertilization regimes on tuber yield, water-nutrient uptake and productivity of potato under drip fertigation in sandy regions of northern China. *Agricultural Water Management*, *287*, pp. 108459. **doi: 10.1016/j.agwat.2023.108459**
26. Crosby, T. W. and Wang, Y., 2021. Effects of Irrigation Management on Chipping Potato (Solanum tuberosum L.) Production in the Upper Midwest of the U.S. *Agronomy*, *11*(4), pp. 768. **doi: 10.3390/agronomy11040768**
27. Fandika, I. R., Kemp, P. D., Millner, J. P., Horne, D. and Roskruge, N., 2016. Irrigation and nitrogen effects on tuber yield and water use efficiency of heritage and modern potato cultivars. *Agricultural Water Management*, *170*, pp. 148–157. **doi: 10.1016/j.agwat.2015.10.027**
28. FAOSTAT, 2024. Available at https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
29. Ierna, A. and Mauromicale, G., 2018. Potato growth, yield and water productivity response to different irrigation and fertilization regimes. *Agricultural Water Management*, *201*, pp. 21-26. **doi: 10.1016/j.agwat.2018.01.008**
30. Si, J., Wang, L., Zhang, K., Li, L., Fudjoe, S. K. and Luo, Z., 2024. Irrigation as an Effective Way to Increase Potato Yields in Northern China: A Meta-Analysis. *Agronomy*, *14*(3), pp. 448. **doi:10.3390/agronomy14030448**

31. Tang, J., Wang, J., Fang, Q., Wang, E., Yin, H. and Pan, X., 2018. Optimizing planting date and supplemental irrigation for potato across the agro-pastoral ecotone in North China. *European Journal of Agronomy*, *98*, pp. 82–94. **doi: 10.1016/j.eja.2018.05.008**
32. Xu, L., Zhang, W., Liu, S., Gao, Y., Huang, Y., Nie, X. and Bai, Y., 2024. Transcriptome analysis of the synergistic mechanisms between two strains of potato virus Y in Solanum tuberosum L. *Virology*, *594*, pp. 110032. **doi: 10.1016/j.virol.2024.110032**
33. Zhang, H., Xu, F., Wu, Y., Hu, H. and Dai, X., 2017. Progress of potato staple food research and industry development in China. *Journal of Integrative Agriculture*, *16*(12), pp. 2924–2932. **doi: 10.1016/S2095-3119(17)61736-2**