نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ص. ۲۰۵-۱۹۵

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 2, Autumn And Winter 2024, 195-205

مقاله علمی -پژوهشی

شاخص‌های مدیریت آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: استان چهارمحال و بختیاری)

رحیم علیمحمدی نافچی [۱*]

چکیده

تنش‌های ناشی از ناترازی عرضه و تقاضای آب در جوامع مختلف، ضرورت صرفه جویی و مصرف بهینه آب به منظور پایداری تولید و تأمین امنیت غذایی را مضاعف نموده است. این پژوهش با هدف دستیابی به مدیریت بهینه مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی بمدت سه سال در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته استان چهارمحال و بختیاری، اجرا گردید. در این پژوهش ضمن ارزیابی شاخص‌های راندمان آبیاری و کارآیی مصرف آب، مقادیر آب‌های تلف شده (آب‌های نفوذ عمقی، رواناب سطحی، بادبردگی و تبخیر) بررسی شدند. برای تجزیه و تحلیل مقادیر آب تلف شده در سامانه‌های آبیاری، از دو قطعه جداگانه دارای لایسیمتر و تحت کشت یونجه، و معادله بیلان آبی استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین میزان آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۱۲۹۸ و ۱۸۳۱۳ مترمکعب در هکتار بوده است و میزان آب آبیاری در روش آبیاری بارانی ۳۸ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی کاهش داشته است. میانگین میزان تبخیر و تعرق گیاه در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۷۰۲ و ۶۷۶ میلیمتر در سال بود و تغییر روش آبیاری تاثیر قابل‌ملاحظه‌ای در میزان تبخیر و تعرق گیاه نداشته است. در روش آبیاری بارانی میانگین مجموع تلفات بادبردگی، تبخیر و نفوذ عمقی ۳۳/۶ درصد بود، در حالی که در روش آبیاری سطحی نزدیک به ۲۰ درصد آب آبیاری به صورت رواناب سطحی و ۴۳ درصد آب آبیاری به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شده است. این نتایج نشان داد که میانگین راندمان آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶۲/۲ و ۳۶/۹ درصد بوده است و راندمان آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی ۶۹ درصد افزایش یافته است. متوسط کارآیی مصرف آب علوفه‌تر در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶/۲ و ۴/۲ کیلوگرم بر متر مکعب و برای علوفه خشک ۱/۸ و ۱/۳ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد و شاخص کارآیی مصرف آب در سامانه آبیاری بارانی در تولید علوفه‌تر و خشک به ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۳۵ برابر سامانه آبیاری سطحی بوده است. مقایسه آماری میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون تی نشان داد که کارآیی مصرف آب و راندمان آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند.

واژه‌های کلیدی: اجزاء بیلان آبی، تلفات آب آبیاری، سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی، راندمان مصرف آب، مدیریت آبیاری

مقدمه

امروزه با رشد تقاضای آب و منفی بودن بیلان آبی در اقصی نقاط ایران، بحث مصرف بهینه و پایداری منابع آبی ضروری است. آب در بخش کشاورزی یکی از عوامل اصلی تولید است که می‌بایست توسط سامانه‌های آبیاری در سطح مزرعه هدایت و در اختیار ریشه گیاه قرار داده شود. کمبود منابع آبی و افزایش تقاضای آب از جمله عوامل مؤثر در عدم برقراری تعادل بیلان آبی در هر منطقه‌ای هستند (علیمحمدی ۱۳۹۶). یکی از اهداف سامانه‌های آبیاری بارانی، افزایش راندمان، کارآیی مصرف آب و کاهش میزان برداشت آب از منابع آبی است. به منظور افزایش تولید در واحد سطح و بهره‌وری بهینه از منابع آبی، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری ضروری است.

[۱] بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران (*- نویسنده مسئول: Email: nafchi38@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

سامانه‌های آبیاری بارانی با پاشش آب در هوا توسط آبپاش‌ها و رسیدن آب پاشیده شده به سطح گیاه و خاک تا جذب آن توسط گیاه، نیاز به طی مراحل مختلف و صرف زمان دارند. در این فاصله عواملی مانند (تابش خورشید، دما، جریان هوا، نوع گیاه، ساختمان و بافت خاک) باعث تبدیل درصدی از آب خروجی از آبپاش‌ها به بخار و تلفات می‌شوند. بسته به خصوصیات خاک و گیاه، درصدی از آب رسیده به سطح خاک و گیاه جذب شده و در بعضی موارد درصد کمی از آن به صورت نفوذ عمقی[1] یا رواناب از دسترس گیاه خارج می‌شود. اما در آبیاری سطحی(آبیاری جویچه‌ای [2]) درصد تبخیر از سطح زمین نسبت به سامانه آبیاری بارانی کمتر است. لیکن نفوذ عمقی آب و تلفات رواناب در آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری بارانی است. بر اساس تحقیقات انجام شده بخشی از آب نفوذ عمقی یافته به آب‌های زیرزمینی پیوسته و باعث تقویت ذخیره آبخوان‌ها می‌گردد (Howell, 2003, Howell and Event, 2005). این آب‌ها در اکثر دشت‌ها، که کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسبی دارند، جزء تلفات آب نبوده و مجدداً وارد چرخه استحصال و تولید می‌شوند. سامیس طی انجام یک پژوهشی در دانشگاه نیومکزیکو ضمن مقایسه عملکرد و کارآیی مصرف آب در بین سامانه‌های رایج آبیاری تایید نمود که روش آبیاری سطحی نسبت به سامانه آبیاری بارانی دارای کارآیی مصرف آب کمتری است که این مسئله ناشی از مصرف آب بیشتر در سامانه آبیاری سطحی است (Summis, 1980). یازار با انجام تحقیقی در دانشگاه نبراسکا، اظهار داشت که تلفات آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی بترتیب شامل تبخیر و باد بردگی بوده و میزان تلفات آب را معادل ۳۰/۷ درصد آب کاربردی برآورد نمود (Yazar, 1984). حقایقی مقدم و همکاران (۱۳۸۴) طی تحقیقی بر روی عملکرد محصول و کارآیی مصرف آب چغندر قند در روش‌های آبیاری جویچه‌ای و بارانی در منطقه کمال آباد کرج، با اعمال تیمارهای میزان آب آبیاری بر اساس عرف زارع و آب مورد نیاز با روش پنمن – مانتیث، دریافتند که آبیاری بارانی نسبت به آبیاری جویچه‌ای معمولی ۳۱ درصد کاهش در میزان آب آبیاری و ۵۵ درصد افزایش در کارآیی مصرف آب را در برداشته است. ابراهیمی (۱۹۸۵) در ارزیابی، عملکرد روش‌های آبیاری تحت فشار در استان خراسان نتیجه گرفت که متوسط راندمان آبیاری تحت فشار در منطقه ۵۵/۵ درصد است و با توجه به میزان محدودیت منابع آب موجود در منطقه استفاده از سامانه‌های آبیاری با راندمان بالا الزامی است. افشارمنش و همکاران (۱۳۸۵) در جیرفت تایید نمودند که بیشترین کارآیی مصرف آب برای یونجه معادل ۲ کیلوگرم بر مترمکعب است که با اعمال تنش آبی، کارآیی مصرف آب کاهش می‌یابد. اما بخاطر مشکلات و محدودیت منابع آبی در منطقه و صرفه جویی مصرف آب چنانچه در مرداد ماه یونجه آبیاری نگردد، اختلاف معنی داری در عملکرد محصول مشاهده نخواهد شد و کارآیی مصرف آب نیز بهبود خواهد یافت. حیدری (۱۳۹۰) در یک پژوهش در سطح کشور برای محصولاتی نظیر (گندم، چغندر قند، سیب زمینی، ذرت علوفه ای و یونجه خشک) کارآیی مصرف آب را بترتیب ۰/۷۳، ۴/۵۶، ۲/۱۸، ۵/۵۸ و ۱/۴۶ کیلوگرم تولید محصول به ازای مصرف هر مترمکعب آب و متوسط وزنی شاخص کارآیی مصرف آب در کشور را ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرد. سی و سه مرده و بایزیدی (۱۳۹۰) در مهاباد آذربایجان غربی، در ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی، نتیجه گرفتند که میانگین تلفات ناشی از تبخیر و بادبردگی ۱۲/۳ درصد و نفوذ عمقی ۱۳/۴ درصد و کل تلفات ۲۵/۷ درصد است. ضریب یکنواختی کریستین سن و یکنواختی توزیع معادل ۶۶/۴ و ۵۲/۲ درصد برآورد گردید. علیزاده و همکاران (۱۳۹۳) تایید نمودند که اجرای سامانه‌های آبیاری بارانی در صورت عدم توسعه سطح زیر کشت و کاهش برداشت از منابع آب می‌تواند به بهبود منابع آب زیرزمینی کمک نمایند، ولی در صورت افزایش سطح زیر کشت با اجرای سامانه، منابع آب زیرزمینی دچار افت فزاینده خواهند شد. بتوخته و همکاران (۱۳۹۵) در ارزیابی انجام شده ضمن اعمال سناریوهای افزایش راندمان آبیاری بدون افزایش سطح زیر کشت و افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیرکشت، نتیجه گرفتند که با افزایش راندمان آبیاری میزان آب مصرفی ۴۳/۶ درصد کاهش می یابد و میزان آب برگشتی به صفر می رسد. قاسمی سعادت‌آبادی و همکاران (۱۴۰۰) در دانشگاه شیراز با استفاده از تکنیک سنجش از دور در یک قطعه ۱۷۹ هکتاری تحت آبیاری بارانی و سطحی، بهره‌وری تبخیر و تعرق را ۰/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب و راندمان آبیاری را ۷۵ درصد اعلام نمودند. فرزام‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) گزارش کردند که حجم آب آبیاری نسبت به عملکرد محصول پیاز

[1] Deep percolation

[2] furrow

در اصفهان دارای همبستگی مستقیم و معنی داری بوده است، ولیکن نسبت حجم آبیاری با بهره‌وری آب، همبستگی غیر مستقیم و معنی داری را نشان داد. در مجموع روش‌های آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی مؤثرتر و بهره‌وری آب بیشتری داشتند. الجمال و همکاران با انجام مطالعه‌ای نتیجه گرفتند که راندمان آبیاری و عملکرد در واحد سطح در سامانه آبیاری بارانی از آبیاری سطحی بیشتر است (Al- Jamal et al., 2001). رانا و همکاران نتیجه گرفتند که راندمان آبیاری در آبیاری بارانی ۳۰/۸ درصد از آبیاری سطحی بیشتر است و نفوذ عمقی در آبیاری سطحی بیشتر است. عملکرد محصول در آبیاری بارانی ۵/۶۴ درصد بیشتر از آبیاری سطحی است (Rana et al., 2006). لیو و کانگ ثابت کردند که آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی، تاثیر معنی داری در کاهش درجه حرارت هوا و کمبود فشار بخار هوا در منطقه مورد استفاده دارد. همچنین میزان تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده در آبیاری سطحی بیشتر از میزان آن در آبیاری بارانی است (Liu and Kang 2006). منتظر و صادقی با انجام آزمایشی در ورامین نتیجه گرفتند که کارآیی مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی به منظور تولید یونجه ۲/۱۱ کیلوگرم به ازای مصرف هر مترمکعب آب بود (Montazar and Sadeghi, 2008). مقدسی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که ایران کشوری است خشک تا نیمه خشک و فعالیت اصلی مردم کشاورزی است و کاهش تلفات آب آبیاری یکی از بهترین راهکارهای مدیریت مصرف آب است. آنها از روش بهینه سازی مدیریت تقاضای آب به منظور تعدیل و کاهش تاثیر خشکسالی‌ها استفاده نمودند. در روش بهینه سازی، مراحل رشد گیاهان و حساسیت و مقاومت آنها نسبت به تنش آبی منظور گردید. نتایج نشان داد که مدیریت مصرف و تقاضای آب، تا ۴۲ درصد باعث صرفه جویی در مصرف آب می شود. سخیری و دچمی یا بررسی تأثیر مدیریت آبیاری بارانی در حوضه رگوئر اسپانیا با استفاده از معادله بیلان آبی و محاسبه میزان آب ورودی، خروجی، تبخیر و تعرق واقعی، تلفات ناشی از باد و تلفات ناشی از تبخیر نتیجه گرفتند که راندمان آبیاری در منطقه ۷۲ درصد بوده است (Sakhiri and Dechmi, 2012). ادین و همکاران با تعیین میزان تبخیر و تعرق با استفاده از معادله بیلان آبی در سامانه‌های آبیاری بارانی و اندازه گیری میزان تبخیر و تعرق در زمان‌های قبل از آبیاری، بعد از آبیاری و در حین آبیاری، نتیجه گرفتند که کرت‌های بدون آبیاری با کرت‌های آبیاری حدود ۱۱ درصد اختلاف داشتند (Uddin et al., 2013). کانگ و پارک تایید نمودند که آب نفوذ عمقی یافته جز تلفات آب محسوب نمی‌شود، زیرا مجدداً می‌تواند وارد چرخه نولید شود و چرخه برداشت مصرف و برگشت آب باعث افزایش حجم آب در چرخه بهره‌برداری می‌شود (Kang and Park 2014). هانکوک و همکاران در دانشگاه کوئینزلند استرالیا با بررسی و تجزیه و تحلیل تبخیر با استفاده از روش معادله انرژی در آبیاری بارانی پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان تبخیر در آبیاری بارانی تابع عوامل و پارامترهای پیچیده هواشناسی و تغییرات وضعیت رطوبتی خاک و گیاه است و بحث انرژی در این فرآیند بسیار مهم و انتقال انرژی می‌تواند از مناطق خشک یا مرطوب مجاور تامین، و در میزان تبخیر مؤثر واقع شوند (Hancock et al., 2015).

یعقوبی و همکاران (۲۰۱۶) در شرق ایران به منظور تعیین تلفات آب در آبیاری سطحی، شاخص کارآیی مصرف آب را برای گندم محاسبه نمودند. و نتیجه گرفتند که این شاخص برای تولید دانه گندم ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب است و بیشتر آب آبیاری صرف تبخیر و نفوذ عمقی شده و نیاز است تا با اجرای مدیریت بهینه و پایدار مصرف آب، ضمن افزایش راندمان و کارآیی مصرف آب از تلفات آن جلوگیری شود. لی و سو در ایستگاه تحقیقاتی شیانگ واقع در منطقه شمالی چین، ضمن اعمال سطوح مختلف آب آبیاری با استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی، نتیچه گرفتند، با کاربرد ۸۰۹ و ۴۱۲ میلیمتر آب آبیاری، عملکرد به ترتیب برابر ۱۸۶۳۶ و ۱۱۵۷۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و کارآیی مصرف آب معادل ۲/۳ و ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل گردید و نشان داد که با مدیریت کم آبیاری می‌توان کارآیی مصرف آب را تا حدودی افزایش داد (Li and Su 2017). هان و همکاران در شمال غربی چین تائید نمودند که با تغییر سامانه و نوع آبیاری از سنتی به مدرن، مقدار آب آبیاری کاهش یافته است و در مصرف آب نیز مقدار قابل توجهی صرفه جویی شده است (Han et al., 2017). الغباری و همکاران تأیید نمودن که تلفات آب نقش مهمی در رابطه با مصرف بهینه آب در سامانه‌های آبیاری بارانی دارد. این محققین برای پیش بینی و برآورد مقدار دقیق تلفات آب در سامانه‌های آبیاری بارانی از روش شبکه‌های عصبی و رگرسیون خطی چند متغییره استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مدل شبکه‌ها

عصبی در پیش‌بینی مقادیر تلفات آب آبیاری نسبت به مدل رگرسیون خطی چند متغییره دارای کارآیی بیشتری بوده است (Al-Ghobari et al. 2018). اودین و مورفی تایید نمودند که مطالعات نظری تلفات تبخیر ناشی از قطرات در آبیاری بارانی را کمتر از یک درصد نشان می‌دهد، اما اندازه‌گیری این شاخص در تحقیقات میدانی، مقادیر بیشتر را نشان داده است. آنها نتیجه گرفتند که تلفات اصلی تبخیر در سامانه‌های آبیاری بارانی ناشی از تبخیر از تاج پوشش گیاهی است و می‌توان از تبخیر ناشی از قطرات صرف نظر نمود (Uddin and Kurphy 2020). آلدوساری و همکاران در پژوهشی نتیجه گرفتند که با اجرای مدیریت آب در سامانه‌های آبیاری بارانی می‌توان تا ۵۰٪ در مصرف آب صرفه جویی نمود (Al-Dossary et al., 2023). با توجه به مطالعات انجام شده، کارآیی مصرف آب و راندمان آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی (جویچه‌ای) بیشتر بوده و میزان مصرف آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. لذا در این پژوهش میزان مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی، میزان تلفات نفوذ عمقی آب و مقدار تلفات ناشی از تبخیرآب در هر دو سامانه، مورد بررسی دقیق‌تری قرار گرفت تا ضمن شناسای میزان تلفات آب، نسبت به رفع آن و به افزایش راندمان و کارآیی مصرف آب یونجه در منطقه اقدام شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد، از سال ۱۳۹۱ بمدت سه سال انجام پذیرفت. ایستگاه در ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۲۰۷۳ متری از سطح دریا قرار گرفته است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی و بیوکلیماتیک ایران، این منطقه در اقلیم استپی سرد و بر طبق روش آمبرژه این منطقه جزء مناطق خشک است. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۲۹۵ میلیمتر، دمای گرم‌ترین ماه به حداکثر ۳۹ درجه سانتیگراد و سردترین ماه سال به حداقل ۲۷/۸- درجه‌سانتیگراد می‌رسد. دوره خشکی حدود هفت ماه در سال بوده، میانگین رطوبت نسبی در این ایستگاه ۲۷/۵ درصد و میزان تبخیر ۱۷۰۹/۹ میلیمتر در سال است. به منظور تعیین بافت خاک، درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی از لایه‌های مختلف نمونه گیری و در آزمایشگاه خاکشناسی بخش خاک و آب مرکز تجزیه و پارامترهای مورد نیاز تعیین گردید. در این پژوهش از دو عدد لایسیمتر مستقر در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد استفاده شد. لایسیمترها از نوع ساده و تفاضلی بودند. در لایسمترشماره یک، ظرفیت زراعی ۱۹/۵ درصد، نقطه پژمردگی ۱۰/۸ درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۶ گرم بر سانتیمترمکعب بود، در صورتیکه این مشخصات فیزیکی خاک برای لایسیمتر شماره دو بترتیب برابر ۱۳/۶ درصد، ۸/۱ درصد و ۱/۳۶ گرم بر سانتیمترمکعب بودند. مقدار تبخیر وتعرق براساس بیلان (توازن) آبی موجود درخاک (رابطه ۱) بر حسب میلیمتر اندازه‌گیری شد (Liu and Sheng 2011).

میزان آب خارج - میزان آب آبیاری + ارتفاع بارش = تبخیر و تعرق (۱)
تغییرات رطوبت خاک شده± از لایسیمتر

برای اندازه‌گیری میزان آب آبیاری رسیده به سطح زمین توسط آبپاش‌ها که در فاصله ۲۶ × ۲۲ متری قرار داشتند، سطح حد واصل بین چهار آبپاش، شبکه بندی و ۶۴ قوطی در شبکه ایجاد شده در داخل محفظه‌های فلزی قرار داده شدند. در مواقع آبیاری مدت زمان کارکرد سامانه اندازه‌گیری شد. فشار کارکرد سامانه ۶ اتمسفر و آبپاش‌ها از نوع آمبو[1] بودند که در هر فصل دبی آن‌ها از طریق حجمی تعیین (۲/۶۲۵ لیتر بر ثانیه) و بعد از اتمام هر آبیاری، حجم آب داخل قوطی‌ها توسط استوانه مدرج یک لیتری اندازه‌گیری و ثبت شد. ارتفاع آب پاشیده شده توسط آبپاش‌ها، با منظور نمودن زمان پاشش، دبی، شعاع پاشش آبپاش‌ها, تعداد آبپاش‌ها و مساحت زمین محاسبه گردید. ارتفاع آب رسیده به سطح زمین با تبدیل حجم آب داخل قوطی‌ها به ارتفاع آب و میانگین‌گیری آنها بدست آمد. با استفاده از روش کریستیانسن نیز ضریب یکنواختی توزیع آب در مزرعه محاسبه گردید.

راندمان کاربرد آب[2] (AE)

راندمان کاربرد آب بیانگر کارآیی مصرف آب در مزرعه است. حجم آبی که در منطقه توسعه ریشه ذخیره و مورد بهره برداری گیاهان قرار می‌گیرد، از مقدار آبی که وارد مزرعه می‌شود کمتر

[1] Ambo

[2] Application Efficiency

است و از نسبت این مقادیر (رابطه ۲)، راندمان کاربرد آب محاسبه می‌شود (Lankford 2023).

$$AE = \frac{d}{d_r} \times 100 \qquad (۲)$$

d متوسط عمق آب نفوذ یافته و ذخیره شده در منطقه ریشه (میلیمتر)، d_r متوسط عمق آب آبیاری (اندازه‌گیری شده از نازل)، میلیمتر.

ضریب یکنواختی توزیع آب[1] (DU)

ضریب یکنواختی توزیع آب برای بیان مقدار عددی آن در مزرعه است و معیار نسبی مناسبی برای تعیین یکنواختی پخش آب در مزرعه بوده و از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد. مقادیر بالای این شاخص بیانگر یکنواختی توزیع آب مناسب در مزرعه است. چنانچه مقدار این شاخص از ۶۷ درصد کمتر شود، مزرعه از ضریب یکنواختی قابل قبولی برخوردار نیست. مقدار کم ضریب یکنواختی توزیع آب بیانگر تلفات آب بصورت نفوذ عمقی است (Merriam and Keller 1978).

$$DU = \frac{d_q}{d} \times 100 \qquad (۳)$$

dq، متوسط عمق آب در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده، میلیمتر.

تلفات تبخیر و باد بردگی

تلفات تبخیر و باد بردگی از رابطه (۴) محاسبه گردید (Playan et al., 2005).

$$WDEL = \left(\frac{q_s \times t - a\sum_{i=1}^{n} z_i}{q_s \times t}\right) \times 100 \qquad (۴)$$

WDEL تلفات تبخیر و باد بردگی (درصد)

q_s دبی آبپاش (مترمکعب در ثانیه)

t زمان آبپاشی (ثانیه)

z ارتفاع آب جمع شده در قوطی (متر)

a سطح معرف هر قوطی (مترمربع)

میزان تبخیر و تعرق در لایسیمترها برابر است با میزان آب آبیاری باضافه ارتفاع بارش‌ها منهای میزان آب زهکشی شده توسط لوله زهکش لایسیمتر باضافه یا منهای میزان رطوبت خاک در لایسیمتر (رابطه ۵).

$$ET = I + P - WDEL \pm \Delta S - D_p \qquad (۵)$$

که در رابطه فوق: ET تبخیر و تعرق، P میزان بارندگی، I میزان آب آبیاری، WDEL تلفات تبخیر و باد بردگی در آبیاری بارانی، ΔS تغییرات میزان رطوبت خاک، D_P ارتفاع آب زهکشی شده، کلیه واحدها بر حسب میلیمتر هستند (Pruitt and Angus 1960).

آبیاری‌های سطحی به صورت جویچه‌ای و دارای طولی برابر ۱۱۵ متر و عرض جویچه‌ها ۶۰ سانتیمتر بودند. اندازه‌گیری‌های مربوط به لایسیمترها (ارتفاع آب آبیاری، ارتفاع آب زهکشی شده، رطوبت خاک در اعماق مختلف لایسیمترها) قبل و بعد از هر آبیاری انجام پذیرفت. با اندازه‌گیری دبی‌های ورودی و خروجی و مدت زمان جریان آب، حجم آبهای ورودی، خروجی (سطوح زیر منحنی) و حجم آب نفوذیافته در هر شیار از روابط ۶ تا ۹ محاسبه گردید (Walker and Skogerboe 1987).

$$V_i = \sum_{i=1}^{n} Q_i \times \Delta t_i \qquad (۶)$$

$$V_o = \sum_{o=1}^{n} Q_o \times \Delta t_o \qquad (۷)$$

$$V_f = V_i - V_o \qquad (۸)$$

$$Q_i = 0.0037 \times H^{2.646} \qquad (۹)$$

V_i حجم آب ورودی به جویچه، لیتر، V_o حجم آب خروجی از هر جویچه، لیتر، V_f حجم آب نفوذ یافته در هر جویچه ، لیتر، Q_i دبی ورودی به جویچه، لیتر بر ثانیه، Q_o دبی خروجی از جویچه، لیتر بر ثانیه، Δt_iزمان، مربوط به دبی‌های ورودی، ثانیه، Δt_o زمان، دبی‌های خروجی، ثانیه، Q_I دبی اندازه گیری شده توسط فلوم تیپ ۱، H ارتفاع جریان آب قرائت شده در فلوم، سانتی‌متر. دور آبیاری و مقدار آبیاری برای هر دو سامانه براساس عرف زارعین در منطقه انجام گردید. با توجه به این که هر جویچه دارای ابعاد یکسان و معین بود. طول هر جویچه ۱۱۵ متر و عرض جویچه‌ها ۰/۶ متر، هر جویچه به صورت مجزا با استفاده از یک فلوم WSC[2] تیپ I ، آبیاری شده و حجم آب مورد نیاز هر جویچه بر حسب لیتر با در نظر گرفتن میزان نقصان رطوبتی خاک و سطح مقطع هر جویچه تعیین شد. ضریب تخلیه مجاز رطوبت با توجه به نوع گیاه (یونجه) و بافت خاک ۵۵ درصد در نظر گرفته شد (کمیته

[1] Distribution Uniformity

[2] Washington State College

ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۲). در انتهای جویچه‌ها برای اندازه‌گیری رواناب‌های خروجی از یک فلوم تیپ یک استفاده شد.

حجم آب ورودی با توجه به مساحت هیدروگراف ورودی از زمان ورود آب به جویچه تا زمان قطع کامل آب، با استفاده از انتگرال گیری عددی به روش ذوزنقه‌ای محاسبه گردید. حجم آب خروجی همانند حجم آب ورودی با استفاده از هیدروگراف خروجی محاسبه گردید. برای محاسبه میزان نفوذ عمقی از رابطه ۱۰ استفاده شد

± تبخیر و تعرق - میزان آب آبیاری + ارتفاع بارش = نفوذ عمقی
تغییرات رطوبت خاک (۱۰)

راندمان کاربرد آب

انجمن آبیاری استرالیا IAA– (1998) ، راندمان کاربرد آب در مزرعه را به صورت نسبت آب مصرفی گیاه به آب دریافتی در آبگیر قطعه زراعی(رابطه ۱۱) بیان کرده است. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر راندمان کاربرد آب در سامانه‌های غرقابی می‌توان به عمق توسعه ریشه، ابعاد نوار، دبی ورودی و زمان قطع جریان اشاره نمود. که انتخاب اصولی و مناسب این پارامترها در محاسبه راندمان کاربرد آب بسیار مؤثر هستند (Bos and Nugteren, 1982).

$$\text{راندمان کاربرد آب} = \frac{\text{میزان آب مورد نیاز}}{\text{میزان کل آب مصرفی}} \qquad (۱۱)$$

کارآیی مصرف آب

کارآیی مصرف آب (WUE[1]) از نسبت تولید محصول به میزان آب مصرفی (معادله ۱۲) حاصل می‌گردد. (Cook et al., 2006, Kijne et al., 2003).

$$\text{کارآیی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{میزان کل آب مصرفی}} \qquad (۱۲)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با نرم افزار آماری SPSS و آزمون تی انجام گردید.

نتایج و بحث

پارامترها و شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده برای سامانه‌های آبیاری بارانی در جدول (۱) ارائه شده است. متوسط ارتفاع آب پاشیده شده در سطح مزرعه ۶۲/۷۶ میلیمتر و ارتفاع آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه ۴۱/۷۸ میلیمتر بدست آمد. به عبارت دیگر، بطور متوسط ۲۰/۹۸ میلیمتر یا ۳۴/۴۵ درصد آب آبیاری مربوط به تلفات تبخیر، بادبردگی و نفوذ عمقی در سطح مزرعه بوده است. متوسط ضریب یکنواختی توزیع آب ۷۱/۰۵ درصد بدست آمد و اختلاف بین یک چهارم حداقل دریافتی قوطی‌ها نسبت به میانگین دریافتی در سطح زمین ۶۷/۲۹ درصد بود (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی

سال	d (mm)	Du (%)	dr (mm)
سال اول	۳۹/۶۱	۷۰/۵۶	۶۰/۹۰
سال دوم	۴۳/۷۸	۶۸/۲۶	۶۳/۷۴
سال سوم	۴۱/۷۹	۷۴/۳۴	۶۳/۶۵
متوسط	۴۱/۷۸	۷۱/۰۵	۶۲/۷۶

مقادیر مختلف عمق آب رسیده بر سطح زمین در آبیاری بارانی (لایسیمتر شماره یک) و میزان آب آبیاری در روش آبیاری سطحی (لایسیمتر شماره دو) در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که در سال اول، عمق آب آبیاری در لایسیمتر شماره یک ۱۰۹۶/۱۸ میلیمتر بوده است که از این مقدار ۶۳۵/۷۲ میلی‌متر تبخیر و تعرق، ۷۷/۲۷ میلیمتر صرف افزایش رطوبت خاک، ۲۸۰/۱۸ میلی‌متر نفوذ عمقی و ۱۰۳ میلی‌متر صرف تلفات و بادبردگی شده است. نسبت میزان نفوذ عمقی (آب زهکشی شده) به آب آبیاری در لایسیمتر شماره یک طی سه سال اجرای پژوهش ۲۵/۶، ۲۳/۲ و ۲۸/۱ درصد بدست آمد، در حالی که مقادیر این شاخص در روش آبیاری سطحی بترتیب ۳۳/۵، ۴۸/۷ و ۴۵/۲ درصد محاسبه شد (جدول ۳). بر اساس این نتایج میانگین نفوذ عمقی در سال‌های اجرای پژوهش در روش آبیاری بارانی (لایسیمتر ۱) ۲۵/۶ درصد و در آبیاری سطحی (لایسیمتر ۲) ۴۳/۱ درصد تعیین شد و نشان داد که میزان نفوذ عمقی در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی بیش از ۴۰ درصد کاهش یافته است.

[1] Water use efficiency

جدول ۲- مقادیر آب آبیاری و زهکش شده در لایسیمتر بارانی

سال	لایسیمتر ۱، بارانی (میلیمتر)				
	آب آبیاری	آب زهکش شده	تبخیر و تعرق	تلفات و بادبردگی	تغییرات رطوبتی
۹۱-۹۰	۱۰۹۶/۱۸	۲۸۰/۱۸	۶۳۵/۷	۱۰۳/۰	۷۷/۲۷
۹۱- ۹۲	۱۱۴۷/۳۸	۲۶۵/۹۷	۷۲۰/۶	۹۳/۳	۶۷/۴
۹۲- ۹۳	۱۱۴۵/۷۳	۳۲۲/۰۳	۷۵۰/۶	۷۳/۳	۱/۶
میانگین	۱۱۲۹/۸	۲۸۹/۴	۷۰۲/۳	۸۹/۹	۴۸/۸

جدول ۳- مقادیر آب آبیاری و زهکش شده در لایسیمتر شیاری (سطحی)

سال	لایسیمتر ۲، سطحی (میلیمتر)				
	آب ورودی	رواناب خروجی	آب زهکش شده	تبخیر و تعرق	تغییرات رطوبتی
۹۱-۹۰	۱۵۲۱/۸۶	۳۴۰/۴۹	۵۱۰/۲۲	۶۷۰/۶۴	۰/۵۱
۹۱- ۹۲	۱۸۳۷/۲۷	۲۶۹/۸۰	۸۹۴/۰۱	۶۷۳/۱۶	۰/۳۰
۹۲- ۹۳	۲۱۳۴/۷۷	۴۵۳/۷۴	۹۶۵/۵۴	۶۸۳/۰۹	۳۲/۴
میانگین	۱۸۳۱/۳۱	۳۵۴/۶۸	۷۸۹/۹	۶۷۵/۶	۱۱/۰۷

نتایج کارآیی مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ازای محصول‌تر و خشک در جدول (۴) ارائه شده است. کارآیی مصرف آب برای آبیاری بارانی درسال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۶/۲۶، ۶/۵۲ و ۵/۸۱ کیلوگرم تولید علوفه‌تر و با میانگین ۶/۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. در حالی که این شاخص‌ها برای تولید علوفه خشک به‌ترتیب سال اجرای پژوهش ۱/۹۲، ۱/۸۶ و ۱/۵۶ با متوسط ۱/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. کارآیی مصرف آب محصول تر در آبیاری سطحی ۴/۵۷، ۴/۷۸ و ۳/۳۵ با میانگینی معادل ۴/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب و برای محصول خشک به ترتیب ۱/۴۴، ۱/۵۰ و ۱/۰۳ با متوسط کارآیی معادل ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهند که کارآیی مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی بمراتب از آبیاری سطحی (شیاری) بیشتر است. به گونه‌ای که کارآیی مصرف آب (عملکرد تر محصول یونجه) در سامانه‌های آبیاری بارانی در سال اول ۱/۳۷ برابر، در سال دوم ۱/۳۶ برابر و در سال سوم ۱/۷۳ برابر سامانه‌های آبیاری سطحی بوده است. متوسط کارآیی مصرف آب در تولید علوفه‌تر در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶/۲۰ و ۴/۲۳ کیلوگرم در ازای مصرف هر مترمکعب آب به دست آمد و نشان داد که این شاخص در آبیاری بارانی ۱/۴۷ برابر آبیاری سطحی است. این شاخص برای تولید عملکرد خشک محصول در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی بترتیب ۱/۷۸۰ و ۱/۳۲کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۴). به عبارت دیگر میانگین کارآیی مصرف آب در خصوص تولید علوفه خشک (کیلوگرم بر مترمکعب) در سامانه‌های آبیاری بارانی ۳۵ درصد نسبت به سامانه‌های آبیاری سطحی افزایش یافته است که با مطالعات افشارمنش و همکاران ۱۳۸۷، خرمیان و همکاران ۱۳۹۱ مطابقت دارد.

جدول ۴- شاخص کارآیی مصرف آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی

سال	سیستم آبیاری بارانی (کیلوگرم بر مترمکعب)		سیستم آبیاری سطحی (کیلوگرم بر مترمکعب)	
	تر	خشک	تر	خشک
اول	۶/۲۶	۱/۹۲	۴/۵۷	۱/۴۴
دوم	۶/۵۲	۱/۸۶	۴/۷۸	۱/۵۰
سوم	۴/۸۱	۱/۵۶	۳/۳۵	۱/۰۳
میانگین	۶/۲۰	۱/۷۸	۴/۲۳	۱/۳۲

راندمان آب آبیاری برای آبیاری بارانی، بترتیب سال‌های اجرای پژوهش ۵۸، ۶۲/۸ و ۶۵/۵ درصد و در آبیاری سطحی ۴۴/۱، ۳۶/۶ و ۳۲/۹ درصد بدست آمد (جدول ۵). نشان داد که میانگین راندمان آبیاری طی سه سال اجرای پژوهش در سامانه آبیاری بارانی، ۶۲/۲ درصد و در سامانه آبیاری سطحی ۳۶/۹ درصد بوده است. این نتایج نشان داد که در مجموع راندمان آبیاری در

سامانه آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. به عبارت دیگر، راندمان آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی ۶۹ درصد افزایش یافته است که با نتایج ابراهیمی ۱۳۸۵، الجمال و همکاران (Al-jamal et al., 2001) و رانا و همکاران (Rana et al., 2006) مطابقت دارد.

جدول ۵ - راندمان آبیاری آب در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی

سال	سیستم آبیاری بارانی (درصد)	سیستم آبیاری سطحی (درصد)
اول	۵۸/۰	۴۴/۱
دوم	۶۲/۸	۳۶/۶
سوم	۶۵/۶	۳۲/۱
میانگین	۶۲/۲	۳۶/۹

نتیجه‌گیری

نتایج اجرای این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که میزان تبخیر و تعرق تا حدی تابع میزان آب داده شده است. میانگین میزان آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۱۲۹۸ و ۱۸۳۱۳ مترمکعب در هکتار بود و نشان داد که میزان آب آبیاری در روش آبیاری بارانی ۳۸ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی کاهش داشته است. میانگین مبزان تبخیر و تعرق در روش های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۷۰۲ و ۶۷۶ میلیمتر در سال بود و نشان داد که تغییر روش آبیاری تاثیر قابل ملاحظه‌ای در میزان تبخیر و تعرق نداشته است. در روش آبیاری بارانی میانگین مجموع تلفات بادبردگی، تبخیر و نفوذ عمقی ۳۳/۶ درصد بود، در حالی که در روش آبیاری سطحی نزدیک به ۲۰ درصد آب آبیاری به صورت رواناب سطحی و ۴۳ درصد آب آبیاری به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شده است. از جمله علل بالا بودن مقادیر نفوذ عمقی در روش آبیاری سطحی، می‌توان به بافت سبک خاک و عدم امکان کنترل دقیق عمق آب آبیاری در آبیاری سطحی است. این نتایج نشان داد که میانگین راندمان آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶۲/۲ و ۳۶/۹ درصد بوده است. به عبارت دیگر، راندمان آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی ۶۹ درصد افزایش یافته است. شاخص کارآیی مصرف آب علوفه‌تر در سامانه‌های آبیاری بارانی ۶/۲ و در سامانه‌های آبیاری سطحی ۴/۲ کیلوگرم برمترمکعب بود. مقدار این شاخص برای علوفه خشک بترتیب ۱/۷۸ و ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب در سامانه آبیاری بارانی و سطحی تعیین شد و نشان داد که کارآیی مصرف آب در سامانه آبیاری بارانی در تولید علوفه‌تر و خشک به ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۳۵ برابر سامانه آبیاری سطحی است. مقایسه آماری میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون تی نشان داد که کارآیی مصرف آب و راندمان آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی داری بودند.

تقدیر و تشکر

بر خود فرض واجب می دانم از بذل توجه و محبت، همکاری، راهنمایی‌های همکارانم در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ایران، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی چهارمحال و بختیاری و سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری که در رابطه با اجرای این پروژه مساعدت نمودند تقدیر و تشکر بعمل آورده می شود.

منابع

ابراهیمی، ح. ۱۳۸۵. ارزیابی روش‌های آبیاری تحت فشار در استان خراسان رضوی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲ (۳): ۵۷۷- ۵۸۹.

افشارمنش، غ.، حیدری شریف‌آبادی، ح.، مظاهری، د.، نورمحمدی، ق. و مدنی، ح. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش کم آبی بر روی عملکرد علوفه خشک و کارائی مصرف آب ارقام یونجه(*Medicago sativa L.*). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۸: ۱۴۰-۱۳۲.

علیزاده، ح. ع.، لیاقت، ع. و سهرابی، ت. ۱۳۹۳. ارزیابی سناریوهای توسعه سیستمهای آبیاری تحتفشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدلسازی پویایی سیستم. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۳(۴): ۱-۱۵.

بتوخته، ف.، میثاقی، ف. و دهقانی‌سانیج، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی تأثیر افزایش راندمان آبیاری و افزایش سطح زیرکشت بر میزان آب برگشتی و ذخایر آب زیرزمینی با استفاده از مدلSWAT . نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶(۲): ۱-۱۳.

سی و سه مرده، م. و بایزیدی، م. ۲۰۱۱. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در مطالعه موردی استان آذربایجان غربی – مهاباد. مجله مهندسی منابع آب. ۴:۶۳–۷۶.

فرزام‌نیا، م.، اکبری، م. و حیدری سلطان‌آبادی، م. ۱۴۰۲. بهره‌وری آب و انرژی محصول پیاز در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی در برخی از مزارع استان اصفهان. نشریه علوم آب و خاک. ۲۷(۴): ۱۴۰۲–۱۳۱.

قاسمی سعادت‌آبادی، ف.، زندپارسا، ش. و مهبد، م. ۱۴۰۰. برآورد تبخیر– تعرق واقعی، بهرهوری تبخیر– تعرق و بازده آبیاری مزارع گندم در سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی با استفاده از سنجش از دور. نشریه علوم آب و خاک. ۲۵(۴): ۱۱۹–۲۰۵.

حقایقی‌مقدم، س. ا.، توحیدلو، ق. و صدرقاین، س.، ح. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد و کارآیی مصرف آب چغندرقند در روش‌های آبیاری جویچه‌ای و بارانی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶(۲۲): ۱۴–۱.

حیدری، ن.، ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان درکشور. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۴۳–۵۷.

خرمیان، م.، شوشی دزفولی، ا. ع. و عصاره، ع. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر آبیاری قرقره‌ای بر عملکرد علوفه و کارآیی مصرف آب یونجه در خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۱۵): ۸۷–۹۷.

یعقوبی، ف.، جامی الاحمدی، م.، بخشی، م. ر. و سیاری زهان، م. ح. ۱۳۹۴. مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهرستان قائنات. نشریه زراعت و فناوری زعفران. ۳(۴): ۲۲۵–۲۳۶.

Al-Dossary, N., Maray, S. A., Al-Hamed, S. A. and Aboukarima, A. M. 2023. Employing Data Mining Algorithms and Mathematical Empirical Models for Predicting Wind Drift and Evaporation Losses of a Sprinkler Irrigation Method. Water. 15(5): 1-14. https://doi.org/10.3390/w15050922

Al-Ghobari., H. M., El-Marazky, M. S., Dewidar, A. Z., Mattar, M. A. 2018. Predict wind drift and evaporation losses from sprinkler irrigation using neural network and multiple regression techniques. Agricultural Water Management. 195: 211–221. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.005

Alimohammadi Nafchi, R. 2017. Sustainable exploitation from aquifer of Shahrekord plain using the various scenarios. Journal of global pharma technology. 8(12): 311- 318.

Al- jamal, M. S., Ball, S. and Sammis, J. W. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. Agricultural water management. 46: 253- 262. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00089-5

Bos, M. G. and Nugteren, J. 1982. On Irrigation Efficiencies, 3rd edn. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands; 142 pp.

Cook, S., Gichuki, F. and Turral, H. 2006. Water productivity: Estimation at plot, farm, and basin scale. Basin Focal Project Working Paper No. 2. Challenge Program on Water and Food, Colombo.

Han, S., Xu, D. and Yang, Z. 2017. Irrigation-Induced Changes in Evapotranspiration Demand of Awati Irrigation District, Northwest China: Weakening the Effects of Water Saving?. Sustainability. 9: 1- 12.

Hancock, N. H., Uddin, J. M., Smith, R. J. and Foley, J. P. 2015. Micrometeorology of sprinkler irrigation. Agricultural and Forest Meteorology. 200: 293-301.

Howell, T. A., 2003. Irrigation efficiency. Encyclopedia of water science. New York: Marcel Dekker; p. 467-72.

Howell, T. A. and Event, S. R. 2005. Pathways to effective application. Proceedings of the 2005 CPIC. Sterling, Colorado, Feb 16-17.

Irrigation Association of Australia (IAA). 1998. The definition of irrigation efficiency as adopted by the Irrigation Association of Australia. Journal of Irrigation and Association of Australia. 13 (1).

Lankford, B. A. 2023. Resolving the paradoxes of irrigation efficiency: Irrigated systems accounting analyses depletion-based water conservation for reallocation. Agricultural Water Management. 287: 108437

Liu, K. J. and Kang, Y. 2006. Effect of sprinkler irrigation on microclimate in the winter wheat field in the North China Plain. Agricultural Water Management (Elsevier) AGWAT 2227 pp 1- 17.

Liu, Y. and Sheng, Z. 2011. Trend-outflow method for understanding interactions of surface water with groundwater and atmospheric water for eight reaches of the Upper Rio Grande. Journal of hydrology. 409(3): 710-23.

Playán, E., Salvador, R., Faci, J. M., Zapata, N., Martínez-Cob, A. and Sánchez, I. 2005, Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. Agric. Water Manage. 76: 139-159.

Pruitt, W. O. and Angus, D. E. 1960. Large weighing lysimeter for measuring evapotranspiration. Trans ASAE. 3(2): 13-15, 18.

Sammis, T. W. 1980. Comparison of Sprinkler, Trickle, Subsurface, and Furrow Irrigation Methods for Row Crops. Agronomy journal. 72(5): 701- 704.

Sakhiri, A. and Dchmi, F. 2012. Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero River (Spain). I: Water balance and irrigation performance. Agricultural water management. 103: 120- 129.

Uddin, M. J. and Murphy S. R. 2020. Evaporation losses and evapotranspiration dynamics in overhead sprinkler irrigation. Journal of irrigation drainage engineering. 146(8): 1-9. DOI: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001469

Uddin, J., Hancock, N. H., Smith, R. J. and Foley, J. P. 2013. Measurement of evapotranspiration during sprinkler irrigation using a precision energy budget (Bowen ratio, eddy covariance) methodology. Agricultural water management. 116(1): 89- 100.

Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. 1987. Surface Irrigation Theory and Practice. Logan, Utah: Utah State University.Evaporation and drift losses from sprinkler

Yazar, A. 1984. Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. Agricultural Water Management. 8: 439- 449.

Li, Y. and Su, D. 2017. Alfalfa Water Use and Yield under Different Sprinkler Irrigation Regimes in North Arid Regions of China. Journal of Sustainability. 9:1 15.

Kang, M. and Park, S. 2014. Modeling water flows in a serial irrigation reservoir system considering irrigation return flows and reservoir operations. Agricultural Water Management. 143: 131-141.

Kijne, J. W., Toung, T. P., Bennett, J., Bouman, B., and Oweis, T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. CGIAR challenge program on water and food (CP), Background paper 1, 42 p..

Irainian Irrigation and Drainage National Committee, 2003. Irrigation water management in the field. National Irrigation and Drainage Committee of Iran. 76: 178 pp.

Merriam, J. L. and Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluation. A guide for management. Utah State University, Logan. Utah.

Montazar, A. and Sadeghi, M. 2008. Effects of applied water and sprinkler irrigation uniformity on alfalfa growth and hay yield. Agricultural water management. 95(11): 1279 – 1287.

Moghaddasi, M., Morid, S., Araghinejad, S., and Alikhani, M. A. 2010. Assessment of irrigation water allocation based on optimization and equitable water reduction approaches to reduce agricultural drought losses: The 1999 drought in the Zayandehrud irrigation system (Iran). Irrigation and drainage. 59: 377- 387.

Rana, M. A., Arshad, M. and Masud, J. 2006. Effect of Basin, Furrow and Rain gun Sprinkler Irrigation Systems on Irrigation Efficiencies. Nitrate-Nitrogen Leaching and Yield of Sunflower" Pakistan Journal Water Resources. 10(2): 1-7.

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 2, Autumn And Winter 2024, 195-205

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، ص. ۲۰۵-۱۹۵

Water Management Indicators in Sprinkler and Surface Irrigation Systems (Case Study: Chaharmahal and Bakhtiari Province)

R. Alimohammadi Nafchi[1*]

Abstract

The tensions caused by the imbalance of water supply and demand across various societies have heightened the need for water conservation and optimal utilization to sustain production and ensure food security. This research was conducted over three years at the Chahartakhte Research Station in Chaharmahal and Bakhtiari Province to effectively manage water consumption in sprinkler and surface irrigation systems. In this study, while evaluating irrigation efficiency and water use efficiency indices, the amounts of wasted water (deep infiltration, surface runoff, wind drift, and evaporation) were examined. To analyze the waste in irrigation systems, two separate plots with lysimeters under alfalfa cultivation and the water balance equation were used. The results indicated that the average irrigation water use in sprinkler and surface irrigation methods was 11298 and 18313 cubic meters per hectare, respectively, with the sprinkler irrigation method reducing the amount of water used by 38 percent compared to the surface irrigation method. The average plant evapotranspiration rate for sprinkler and surface irrigation methods was 702 and 676 mm per year, respectively, and changing the irrigation method did not significantly affect the evapotranspiration rate. In the sprinkler irrigation method, total losses from wind drift and evaporation losses, and deep infiltration averaged 33.6 percent, while in the surface irrigation method, nearly 20 percent of the irrigation water was lost as surface runoff and 43 percent as deep infiltration. These findings revealed that the average irrigation efficiency in the sprinkler and surface irrigation methods was 62.2 and 36.99 percent, respectively, with the sprinkler method showing a 69 percent increase in irrigation efficiency compared to the surface irrigation method. The average water use efficiency for wet fodder in both systems was 6.2 and 4.2 kg/m3, respectively. For dry fodder, it was 1.8 and 1.3 kg/m3, and the water use efficiency index in the sprinkler system for producing wet and dry fodder was 1.48 and 1.35 times that of the surface irrigation system, respectively. A statistical comparison of the means of the measured parameters using the t-test indicated that water use and irrigation efficiency in the sprinkler and surface irrigation systems significantly differed at the 5% level.

Keywords: Components of the water balance, Irrigation management, Irrigation water losses, Sprinkler and surface irrigation systems, Water use efficiency

[1] Agricultural Engineering Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Shahrekord, Iran (*- Corresponding Author Email: nafchi38@gmail.com)
Received: 15 June 2023
Accepted: 27 July 2023