نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و هفتم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۳۱ تا ۱۴۲

بهره‌وری آب و انرژی محصول پیاز در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی در برخی از مزارع استان اصفهان

مسعود فرزام‌نیا[1*]، مهدی اکبری[2] و محسن حیدری سلطان‌آبادی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۲)

چکیده

بخش کشاورزی به‌منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت روبه‌رشد جهان و فراهم‌کردن آن به‌اندازهٔ کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به منابع آب و انرژی است و بایستی برای ارتقاء بهره‌وری آب و انرژی محصولات کشاورزی، حفظ سلامتی جامعه و محیط‌زیست کوشا باشد. در این پژوهش حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب و انرژی مصرفی در آبیاری محصول پیاز در دو روش آبیاری سطحی و بارانی، در شرایط مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. اندازه‌گیری‌ها در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ در ۱۷ مزرعه از شهرستان‌های استان اصفهان که محصول پیاز جزء اولویت کشت آن‌ها بود، انجام شد. برای مقایسه آماری نتایج به‌دست آمده از دو سامانهٔ آبیاری، از آزمون تی (t-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. بر اساس نتایج، در روش آبیاری سطحی، مقادیر حجم آب آبیاری و عملکرد نسبت به آبیاری بارانی، بیشتر و اختلاف بین مقادیر یادشده معنی‌دار بود و بهره‌وری آب پیاز در روش آبیاری بارانی نسبت به سطحی، به‌صورت معنی‌دار (سطح احتمال ۱ درصد) بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد، همبستگی مستقیم معنی‌داری بین حجم آب آبیاری و عملکرد محصول پیاز وجود دارد، زیرا بین حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب رابطه غیرمستقیم معنی‌دار دیده شد. بهره‌وری انرژی مصرفی در آبیاری نیز با مقدار انرژی مصرفی همبستگی معکوس معنی‌دار داشت و با افزایش انرژی آبیاری بهره‌وری انرژی کاهش یافت. باتوجه‌به نتایج به‌دست آمده در شرایط مزارع انتخابی، روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش آبیاری سطحی برای کشت محصول پیاز کارآمدتر بود.

واژه‌های کلیدی: حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب و انرژی، پیاز

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: masoud_farzamnia@yahoo.com

مقدمه

تأمین آب و انرژی، از مهم‌ترین مباحث مطرح در تمام کشورهای جهان در امر توسعه به شمار می‌رود. با افزایش روزافزون جمعیت، توسعه اقتصادی و اجتماعی، نیاز به مصرف آب و انرژی افزایش می‌یابد. بخش کشاورزی نیز از این امر جدا نبوده و هرگونه خللی در تأمین این دو پارامتر به‌گونه‌ای معنادار بر سطح تولید اثر می‌گذارد (۱).

پیاز از گذشته تاکنون جزء مهم‌ترین محصولات در سبد غذایی خانوارهای ایرانی بوده است که تولید آن مانند سایر محصولات کشاورزی، نیازمند مصرف آب و انرژی است. تولید پیاز در کشور در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸، حدود ۳/۳ میلیون تُن با سطح زیر کشت ۶۷ هزار هکتار و متوسط عملکرد ۴۹/۸ تُن در هکتار بوده است. استان اصفهان یکی از استان‌های تولیدکننده پیاز محسوب می‌شود. به‌طوری که در سال زراعی مذکور، سطح زیر کشتی بالغ بر ۶۰۰۵ هکتار داشته است. این استان ۹ درصد از سطح زیر کشت و ۱۲/۶ درصد تولید محصول پیاز کشور را به خود اختصاص داده است (۲). پیاز مانند اکثر محصولات سبزی و صیفی به کمبود آب حساس است. باتوجه‌به سطحی بودن ریشه‌های آن (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر) باید با دور کم آبیاری شود تا همواره در طول دورهٔ رشد رطوبت کافی در اختیار ریشه قرار گیرد و رشد مناسب داشته باشد. البته آبیاری بیش از حد باعث کاهش رشد محصول، افزایش هزینه، اتلاف آب، کاهش بهره‌وری آب و کاهش خاصیت انبارداری محصول می‌شود (۲۰). در پژوهشی که در درهٔ ملیسا جنوب نیومکزیکو توسط جمال و همکاران (۴) روی روش‌های آبیاری در زراعت پیاز انجام شد، حداکثر بهره‌وری آب پیاز در روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای زیرسطحی و شیاری به‌ترتیب ۸/۴، ۵/۹ و ۴/۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود و روش آبیاری قطره‌ای اقتصادی تشخیص داده نشد. ناصری (۱۸) آب خالص موردنیاز پیاز در استان آذربایجان شرقی را بین ۱۰۱۰۰- ۸۵۷۰ مترمکعب در هکتار و میانگین بهره‌وری آب پیاز را ۶/۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرد. پیری (۱۹) در شهرستان زهک، بیشترین مقدار عملکرد و بهره‌وری آب پیاز در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را ۲۸/۴۲ تُن در هکتار و ۵/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین کرد. کمترین مقادیر این عوامل در آبیاری سطحی و به‌ترتیب ۱۹ تُن در هکتار و ۲/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. مارتین و همکاران (۱۵) بهره‌وری فیزیکی آب پیاز را در روش‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و سطحی به‌ترتیب ۸/۶، ۸/۵ و بین ۵ تا ۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. نتایج پژوهش کریم‌زاده و همکاران (۱۳) نشان داد، در بین محصولات کشاورزی استان خراسان رضوی، کشت پیاز با نیاز آبی ۱۱۲۹۳ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب ۷/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب، دارای بالاترین درآمد خالص و بهره‌وری آب بود، درحالی که بیشترین بهره‌وری انرژی به‌ترتیب به محصول چغندرقند و شلغم اختصاص یافت. پیاز بیشترین درآمد در واحد سطح را داشت، درحالی که نسبت درآمد به هزینه در شلغم بیشترین مقدار بود. سالمی و همکاران (۲۱) میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب را در دو روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و بارانی بررسی کردند. بر اساس نتایج، مقدار آب آبیاری در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی به‌ترتیب ۹۴۰۰ و ۱۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب در دو روش آبیاری یادشده به‌ترتیب ۹/۷ و ۵/۹ کیلوگرم بر مترمکعب ذکر شده است. اکبری و همکاران (۳) نشان دادند، آبیاری سطحی با عملکرد ۹۰ تُن در هکتار نسبت به روش بارانی با عملکرد ۶۶ تُن در هکتار برتری داشته است؛ ولی تفاوت بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی معنی‌دار نبوده است.

انرژی از شاخص‌های مهم برای تولید محصول در بخش کشاورزی است و بهره‌وری انرژی به صورت میزان تولید محصول به میزان انرژی مصرفی تعریف می شود که مسئولان کشاورزی بایستی در ارتقاء آن کوشا باشند (۵). مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران از مقدار ۳۰/۳۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۰ به ۴۵/۶۸ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۰ رسیده است و سهمی در حدود ۳/۷۲ درصد مصرف انرژی نهایی را شامل می‌شود (۶). آبیاری به‌عنوان یکی

از پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود. این موضوع در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار مطرح است و طراحان بایستی بررسی لازم در این زمینه را انجام دهند و نیاز انرژی سامانه در فرایند طراحی را تعیین کنند (۹). متأسفانه در کشور ما هدف اصلی تولیدکنندهٔ بخش کشاورزی، بیشینه کردن سود تولید از طریق افزایش عملکرد محصول تا بیشترین مقدار ممکن با استفاده بیشتر از نهاده‌های قابل‌دسترس است. افزایش بهره‌وری آب و انرژی علاوه بر حفظ تعادل مصرف نهاده‌ها و عملکرد تولید، موجب کاهش هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و مخاطرات زیست‌محیطی در تولید محصولات کشاورزی می‌شود. در مطالعه‌ای با تعیین میزان مصرف انرژی در حوزه زراعی ایران نشان داده شد، عملیات آبیاری با ۸۸۱۱۱ مگاژول بر هکتار، ۹۱ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است (۸). طی گزارشی زوله (۲۲) استفاده از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری تحت‌فشار و همچنین تعویض پمپ‌های آب فرسوده و جایگزینی آن‌ها با پمپ‌های با بازدهی مناسب را در کاهش مصرف انرژی آبیاری مؤثر دانست. مولایی و همکاران (۱۷) پژوهشی تحت عنوان تحلیل جریان انرژی در تولید محصولات کشاورزی (مطالعه موردی تولید پیاز) انجام دادند. بر اساس نتایج، متوسط انرژی مصرفی و بهره‌وری انرژی برای تولید پیاز به‌ترتیب ۴۶۳۹۲/۹۴ مگاژول و ۰/۶۵۴ کیلوگرم بر مگاژول بود. کوچکی و حسینی (۱۴) کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی را در مشهد و نیشابور، به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷ به‌دست آوردند. هاترلی و همکاران (۱۱) مصرف انرژی و اثرات نهاده‌ها و اشکال مختلف انرژی را روی سطوح خروجی انرژی طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ در ترکیه مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد، نسبت انرژی ستانده به نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. به‌عبارت‌دیگر، درصد افزایش مصرف انرژی بسیار بیشتر از درصد افزایش تولید انرژی بوده است. بهشتی و زارعین گیشیری (۷) در سال ۱۳۹۲ پژوهشی تحت عنوان ارزیابی شاخص‌های انرژی برای تولید پیاز به دو روش کشت مستقیم و غیرمستقیم در استان اصفهان داشتند. بر اساس نتایج، بهره‌وری انرژی در کشت مستقیم و غیرمستقیم به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۴ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد. حسن‌زاده غورتپه و مظاهری (۱۰) با بررسی سیر انرژی تولید گندم، سیب‌زمینی و برنج در منطقه فلاورجان اصفهان، کارایی انرژی برای این سه محصول را به‌ترتیب ۲/۷، ۲/۲۷ و ۱/۳ به‌دست آوردند. همچنین برای تولید هر واحد پروتئین در گندم، سیب‌زمینی و برنج به‌ترتیب ۳/۹۸، ۵/۳ و ۹/۷ واحد انرژی مصرف می‌شود. بررسی و تعیین هزینه‌ها و انرژی مصرفی در تولید پیاز به دو روش بذرکاری و نشاکاری نشان داد، بهره‌وری انرژی در روش بذرکاری، ۰/۲۴ و در روش نشاکاری، ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بود. محاسبه انرژی ویژه بیانگر آن بود که به‌ازای تولید یک کیلوگرم پیاز در روش بذرکاری و نشاکاری، به‌ترتیب به ۴/۱۳ و ۳/۴ مگاژول انرژی نیاز است که از صرفه‌جویی ۲۱/۵ درصدی انرژی در روش نشاکاری حکایت دارد (۱۲).

نقش اساسی آب و انرژی در تولید محصولات کشاورزی بر کسی پوشیده نیست. از طرفی شرایط خاص استان اصفهان در تأمین آب موردنیاز محصولات مختلف، وضعیت را پیچیده تر کرده است. کاشت محصول پیاز در بین کشاورزان استان اصفهان از اولویت خاصی برخوردار است و پیاز، سطح زیرکشت قابل‌ملاحظه‌ای را در استان به خود اختصاص می‌دهد؛ بنابراین اطلاع از میزان آب آبیاری، بهره‌وری آب و انرژی مصرفی آبیاری برای تولید پیاز در شرایط موجود مزارع تحت مدیریت کشاورزان می‌تواند به مسئولان کشاورزی استان برای مدیریت مناسب مصرف آب و انرژی در تولید این محصول کمک کند. هدف این پژوهش، برآورد میزان آب و انرژی و برخی پارامترهای مدیریتی در تولید محصول پیاز در دو روش آبیاری سطحی و بارانی و مقایسهٔ نتایج با هم بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش میدانی به‌منظور تعیین حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب و انرژی مصرفی آبیاری محصول پیاز تحت مدیریت کشاورزان و بدون دخالت کارشناس در ۱۷ مزرعه از

شهرستان‌های اصفهان، فلاورجان و فریدن استان اصفهان در فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. مزارع موردنظر با مشورت کارشناسان بخش زراعت و آب و خاک استان انتخاب شدد که موقعیت مزارع در شکل ۱ نشان داده شده است. شهرستان اصفهان در ۴۳۵ کیلومتری تهران و در جنوب این شهر قرار دارد. این شهرستان دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا است. این منطقه با متوسط بارش حدود ۱۱۳ میلی‌متر در سال، دارای آب و هوای معتدل و خشک است. شهرستان فلاورجان در ۹ کیلومتری مرکز استان اصفهان قرار دارد. این شهرستان دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۰۰ متر از سطح دریا است. این منطقه با متوسط بارش حدود ۱۴۲ میلی‌متر در سال، دارای آب و هوای نیمه‌بیابانی با تابستان‌های گرم و زمستان‌های نیمه‌سرد است. شهرستان فریدن در فاصله ۱۴۰ کیلومتری غرب اصفهان است و موقعیت جغرافیایی آن بین ۴۹/۵۵ و ۵۱/۵۰ درجه طول شرقی و ۳۲/۳۰ و ۳۳/۲۰ درجه عرض شمالی است و در ارتفاع ۲۲۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه با متوسط بارش حدود ۳۱۷/۴ میلی‌متر در سال، در بهار و تابستان دارای آب و هوایی معتدل و در زمستان بسیار سرد است.

در ابتدای کار علاوه بر مراجعه به مزارع انتخابی و گفتگو با بهره‌برداران، اطلاعاتی مانند نوع منبع آبی، روش کاشت، سطح زیر کشت و نحوهٔ مدیریت آبیاری محصول پیاز کسب شد. همچنین مشخصات و موقعیت مزارع، توسط یک دستگاه GPS و شوری آب، توسط شوری‌سنج پرتابل تعیین شد. سپس برای اندازه‌گیری مقدار دبی منبع آبی هر مزرعه بر اساس شرایط موجود از مولینه، گونیا، جسم شناور و WSC فلوم استفاده شد. برای تعیین بافت و شوری خاک مزارع، یک نمونه مخلوط از خاک هر مزرعه به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انجام مقدمات یادشده، مراحل اجرای پژوهش به شرح زیر انجام شد:

محاسبهٔ میزان حجم آب آبیاری پیاز در هر نوبت آبیاری پیاز

برای محاسبهٔ میزان حجم آب آبیاری پیاز که در هر نوبت توسط زارع اعمال شد، ابتدا دبی ورودی به کرت انتخابی به‌وسیلهٔ فلوم (در روش سطحی) و یا کنتور (در روش بارانی) تعیین و با درنظرگرفتن زمان آبیاری و سطح کرت از معادلهٔ (۱) استفاده شد:

$$V_{iw} = Q \times t \times \frac{10000}{A} \qquad (۱)$$

در معادلهٔ (۱)، V_{iw} حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار، Q دبی ورودی به کرت برحسب مترمکعب بر ساعت، t زمان آبیاری برحسب ساعت و A مساحت کرت برحسب مترمربع است. در طول فصل زراعی یادشده، بارش مؤثر از روش SCS برآورد شد و به میزان حجم آب آبیاری اضافه شد تا میزان حجم آب کاربردی در مزرعه (V_a) به‌دست آید.

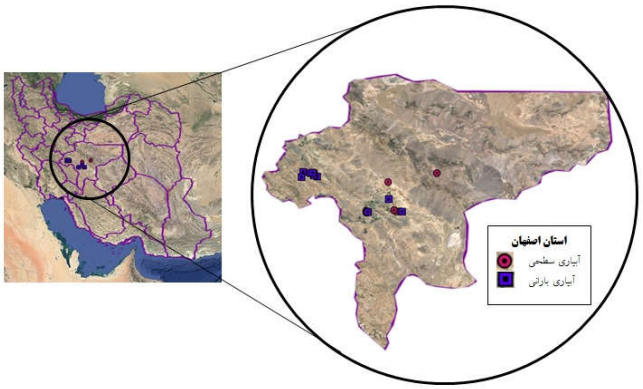
نیاز آبی خالص گیاه، با استفاده از نرم‌افزار ET0 Calculator و ضریب گیاهی (kc) محاسبه شد، به‌طوری که نیاز خالص آبی با استفاده از اطلاعات و آمار هواشناسی ۱۰ سال گذشته و آمار بارندگی سال آزمایش در فاصله زمانی بین دو آبیاری از طریق نرم‌افزار یادشده محاسبه و سپس با اعمال ضریب گیاهی مربوط به دورهٔ رشد مرتبط، نیاز آبی گیاه برآورد شد. در پایان فصل زراعی، میزان تجمعی نیاز خالص آبیاری محاسبه شده با میزان ارائه شده در سند ملی آب مقایسه شد (۱۶).

محاسبهٔ بهره‌وری آب مصرفی

پس از تعیین میزان عملکرد محصول پیاز، بهره‌وری آب مصرفی پیاز با استفاده از معادلهٔ (۲) تعیین گردید:

$$\text{بهره‌وری آب مصرفی} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب کاربردی}} \qquad (۲)$$

در معادلهٔ (۲)، بهره‌وری آب مصرفی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، عملکرد برحسب کیلوگرم و آب کاربردی برحسب مترمکعب است.



شکل ۱. موقعیت مزارع انتخابی

محاسبهٔ انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی

انرژی مستقیم مصرفی برای رساندن آب به گیاه را می‌توان از طریق محاسبه انرژی معادل برق یا سوخت مصرفی در پمپ‌های مورداستفاده محاسبه کرد (۵). علاوه بر این، از طریق معادلهٔ (۳) نیز می‌توان آن را محاسبه کرد:

$$E_{ir} = \left(\frac{\delta.g.H.Q}{n_1.n_0} \right) / 1000000 \qquad (۳)$$

در معادلهٔ (۳)، E_{ir} انرژی آبیاری بر حسب مگاژول بر هکتار، δ چگالی آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، g شتاب جاذبه برحسب متر بر مجذور ثانیه، H سطح دینامیکی چاه بر حسب متر، Q کل حجم آب آبیاری گیاه (پیاز) طی دوره رشد بر حسب مترمکعب در هکتار، n_1 بازده پمپ (۹۰-۷۰ درصد) و n_0 بازده کلی تبدیل توان در الکتروموتور یا موتور دیزلی (۲۲-۱۸ درصد برای الکتروموتور و ۳۰-۲۵ درصد برای موتور دیزل) است. انرژی غیرمستقیم آب آبیاری شامل انرژی تولید مواد اولیه خام، ساخت و انتقال کلیه عواملی که در آبیاری دخالت دارند، است. اما باتوجه‌به این که محاسبه این مقادیر مشکل است، به طور معمول درصدی از انرژی مستقیم را (حدود ۲۰ درصد) برای این منظور در نظر می‌گیرند (۵).

پس از محاسبهٔ انرژی آبیاری، بهره‌وری انرژی از معادلهٔ (۴) به‌دست می‌آید:

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{انرژی آبیاری}} \qquad (۴)$$

در معادلهٔ (۴)، بهره‌وری انرژی برحسب کیلوگرم بر مگاژول، عملکرد برحسب کیلوگرم و انرژی آبیاری برحسب مگاژول است.

برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در دو سامانهٔ آبیاری از آزمون تی (t-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. برای این منظور، ضرایب همبستگی بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم‌سو یا ناهم‌سو بودن تعیین شد. برای محاسبات آماری از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱، نتایج به‌دست آمده از گفتگو با بهره‌برداران و اندازه‌گیری‌های مقدماتی انجام شده در ۱۷ مزرعهٔ انتخابی را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول یادشده منبع آبی همهٔ مزارع چاه، ارتفاع مزارع انتخابی از ۱۵۳۳ تا ۲۴۰۰ متر، عمق سطح ایستابی از ۱۵ تا ۹۰ متر، مقادیر دبی چاه‌ها از ۴ تا ۹۰ لیتر در ثانیه، شوری آب چاه‌ها از ۰/۲ تا ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر، شوری خاک ۰/۴ تا ۷/۴ دسی‌زیمنس بر متر، سطح زیر کشت پیاز از ۰/۳ تا ۱۲ هکتار و بافت خاک از متوسط تا سنگین متغیر بود. روش آبیاری در ۷ مزرعه، سطحی و در ۱۰ مزرعه، بارانی بود و روش کاشت پیاز در ۵ مزرعه، به‌صورت بذری و در باقی مزارع به‌صورت نشاء بود.

جدول ۲ مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده مدنظر در هر کدام از مزارع را به‌همراه میانگین کلی پارامترهای

جدول ۱. موقعیت مزارع انتخابی و پارامترهای اندازه‌گیری شده

شماره مزرعه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا	نوع منبع آبی	عمق سطح ایستابی	دبی منبع آب	شوری آب	بافت خاک مزرعه	شوری خاک	سطح زیرکشت پیاز	روش آبیاری	روش کاشت پیاز
	طول	عرض	(متر)		(متر)	(لیتر در ثانیه)	(دسی‌زیمنس بر متر)		(دسی‌زیمنس بر متر)	(هکتار)		
۱	۵۷۲۳۶۷	۳۶۱۵۴۷۴	۱۵۶۶	چاه	۸۰	۱۴	۱/۹	لوم‌رسی‌شنی	۵/۳	۲	سطحی	بذری
۲	۵۹۲۸۹۰	۳۵۹۸۴۴۸	۱۵۳۳	چاه	۱۸	۹	۲	لوم‌رسی	۲/۲	۱	سطحی	بذری
۳	۵۸۶۸۲۲	۳۵۹۸۰۶۵	۱۵۴۳	چاه	۲۲	۷۲	۱/۹	لوم‌رسی	۲/۲	۱۲	سطحی	بذری
۴	۵۸۳۴۱۷	۳۶۰۰۰۷۶	۱۵۵۶	چاه	۲۵	۲۸	۱/۶	لوم‌رسی‌سیلتی	۱/۶	۲	سطحی	بذری
۵	۵۴۰۸۰۹	۳۵۹۸۶۹۸	۱۶۳۵	چاه	۵۰	۲۵	۱/۸	لوم‌رسی	۱/۸	۴	سطحی	نشاء
۶	۵۴۲۴۸۷	۳۵۹۵۵۱۲	۱۶۳۹	چاه	۷۰	۴/۳	۲/۳	لوم‌رسی‌شنی	۳/۲	۰/۳	سطحی	نشاء
۷	۵۴۰۹۸۹	۳۵۹۵۸۲۲	۱۶۳۵	چاه	۶۰	۴	۳	لوم‌رسی	۳/۲	۱/۲	سطحی	نشاء
۸	۵۷۴۵۴۵	۳۶۱۶۸۹۹	۱۵۷۰	چاه	۶۰	۹۰	۱/۷	لوم‌رسی	۴/۹	۲۰	بارانی	نشاء
۹	۵۹۵۵۵۶	۳۵۹۸۰۵۱	۱۵۳۷	چاه	۲۵	۸/۵	۴/۵	رسی‌سیلتی	۷/۴	۰/۴	بارانی	بذری
۱۰	۴۵۶۸۹۷	۳۶۵۴۸۵۱	۲۳۶۴	چاه	۷۵	۱۵	۰/۳۸	لوم‌رسی‌شنی	۰/۶	۵	بارانی	نشاء
۱۱	۴۶۲۱۶۱	۳۶۵۰۳۱۵	۲۳۹۱	چاه	۸۰	۳۰	۰/۴۵	لوم‌شنی	۰/۷	۱۰	بارانی	نشاء
۱۲	۴۵۶۷۶۵	۳۶۵۲۲۴۵	۲۳۶۷	چاه	۸۰	۲۷	۰/۳۳	رسی‌شنی	۰/۴	۶	بارانی	نشاء
۱۳	۴۳۹۸۰۲	۳۶۵۷۳۰۲	۲۴۰۰	چاه	۱۵	۱۰	۰/۳	لوم‌شنی	۰/۹	۶	بارانی	نشاء
۱۴	۴۳۷۸۹۹	۳۶۴۹۱۵۵	۲۳۰۵	چاه	۷۰	۲۶	۰/۲	رسی‌شنی	۰/۴۵	۸	بارانی	نشاء
۱۵	۴۵۱۱۱۷	۳۶۵۵۶۲۸	۲۳۷۰	چاه	۷۰	۱۶	۰/۵	لوم‌رسی‌شنی	۰/۷۳	۲	بارانی	نشاء
۱۶	۴۵۴۷۰۰	۳۶۵۶۳۶۲	۲۳۷۹	چاه	۶۵	۴۰	۰/۳۵	رسی‌شنی	۰/۴۹	۱۰	بارانی	نشاء
۱۷	۵۴۳۵۳۹	۳۵۹۶۶۹۹	۱۶۳۱	چاه	۹۰	۹	۲/۶	لوم‌رسی	۱/۴	۲	بارانی	نشاء

جدول ۲. مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده مورد نظر در هر کدام از مزارع

شماره مزرعه	روش آبیاری	طول دورهٔ رشد (روز)	تعداد آبیاری	نیاز آبی (میلی‌متر) براساس		حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد غده (تن در هکتار)	بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)
				نرم افزار	سند ملی						
۱	سطحی	۲۸۲	۱۴	۸۱۳	—	۱۷۲۲۰	۸۴	۱۸۰۶۰	۷۰	۳/۹	۰/۸۶
۲	سطحی	۲۸۲	۱۷	۸۱۳	—	۱۶۵۶۰	۸۴	۱۷۴۰۰	۸۰	۴/۶	۴/۵۶
۳	سطحی	۲۸۲	۱۹	۸۱۳	—	۱۷۱۰۰	۸۴	۱۷۹۴۰	۸۰	۴/۵	۳/۶۱
۴	سطحی	۲۸۲	۱۵	۸۱۳	—	۱۵۷۵۰	۸۴	۱۶۵۹۰	۶۰	۳/۶	۲/۵۹
۵	سطحی	۲۰۱	۳۱	۸۲۷	۸۲۷	۲۸۵۰۰	۶۳	۲۹۱۳۰	۸۵	۲/۹	۱/۰۱
۶	سطحی	۱۴۳	۲۰	۷۸۹	۸۲۷	۲۳۶۰۰	۶۳	۲۴۲۳۰	۸۵	۳/۵	۰/۸۷
۷	سطحی	۱۰۸	۱۷	۷۸۹	۸۲۷	۱۶۷۵۰	۶۳	۱۷۳۸۰	۷۵	۴/۳	۱/۲۷
۸	بارانی	۱۳۲	۲۱	۷۲۰	—	۸۷۹۰	۵۹	۹۳۸۰	۶۰	۶/۴	۱/۹۳
۹	بارانی	۲۸۲	۲۶	۸۱۳	—	۱۲۴۸۰	۸۴	۱۳۳۲۰	۶۰	۴/۵	۳/۲۷
۱۰	بارانی	۱۷۰	۳۱	۷۳۲	۸۲۸	۱۱۴۸۰	۱۳۹	۱۲۸۷۰	۶۰	۴/۷	۱/۱۸
۱۱	بارانی	۱۶۰	۲۷	۷۳۲	۸۲۸	۱۱۸۶۰	۱۳۹	۱۳۲۵۰	۶۰	۴/۵	۱/۰۷
۱۲	بارانی	۱۳۳	۲۰	۷۳۲	۸۲۸	۹۰۶۴	۱۳۹	۱۰۴۵۴	۶۵	۶/۲	۱/۵۲
۱۳	بارانی	۱۷۵	۲۰	۷۳۲	۸۲۸	۱۲۴۳۰	۱۳۹	۱۳۸۲۰	۷۰	۵/۱	۶/۳۸
۱۴	بارانی	۱۵۰	۳۰	۷۳۲	۸۲۸	۹۰۸۴	۱۳۹	۱۰۴۷۴	۶۵	۶/۲	۱/۷۴
۱۵	بارانی	۱۳۳	۲۵	۷۳۲	۸۲۸	۱۰۰۷۸	۱۳۹	۱۱۴۶۸	۷۰	۶/۱	۱/۶۹
۱۶	بارانی	۱۶۵	۲۵	۷۳۲	۸۲۸	۱۰۱۶۷	۱۳۹	۱۱۵۵۷	۶۵	۵/۶	۱/۶۷
۱۷	بارانی	۱۹۵	۳۴	۱۱۹۴	۸۲۷	۱۳۹۳۲	۶۳	۱۴۵۶۲	۶۵	۴/۵	۰/۸۹
میانگین		۱۹۳	۲۳	۸۱۹	—	۱۴۴۰۳	۱۰۰	۱۵۴۰۵	۶۹/۱۲	۴/۵	۱/۴۹

یادشده و بدون تفکیک روش آبیاری نشان می‌دهد. بر اساس مقادیر ارائه شده در جدول یادشده، میانگین حجم آب کاربردی و عملکرد پیاز در مزارع مورد بررسی به‌ترتیب ۱۵۴۰۴ مترمکعب در هکتار و ۶۹/۱۲ تن در هکتار بود. میانگین طول دورهٔ رشد در مزارع، ۱۹۳ روز و میانگین نیاز آبی محاسبه شده پیاز (نیاز خالص)، ۸۱۹ میلی‌متر بود. میانگین نیاز آبی محاسبه شده پیاز (نیاز خالص) در روش بارانی و سطحی به‌ترتیب ۷۸۵ و ۸۶۹ میلی‌متر بود. باتوجه‌به این که مقدار طول دورهٔ رشد پیاز در مزارع انتخابی با طول دورهٔ رشدی که در سند ملی آب برای پیاز در نظر گرفته شده است، تفاوت محسوس داشت، مقایسهٔ میزان نیاز آبی محاسبه شده و نیاز آبی گزارش شده در سند ملی آب امکان‌پذیر نبود. لازم به ذکر است، نیاز آبی پیاز در شهرستان اصفهان گزارش نشده است. جدول ۲ نشان می‌دهد، میانگین میزان بهره‌وری آب مصرفی پیاز و انرژی مصرفی آبیاری برای تولید پیاز در مزارع انتخابی به‌ترتیب ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و ۴۶۲۰۳ مگاژول بر هکتار بود. این نتایج به‌ترتیب مشابه نتایج جمال و همکاران (۴) و مولایی و همکاران (۱۷) است. همچنین بر اساس داده‌های جدول ۲، میانگین میزان بهره‌وری انرژی در مزارع مورد بررسی ۱/۴۹ کیلوگرم بر مگاژول بود که با نتیجهٔ بهشتی و زارعین گشیری (۷) مطابقت دارد.

مقایسهٔ آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو روش آبیاری بارانی و سطحی با استفاده از آزمون تی (t-Test)

میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و بارانی به همراه نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های یادشده در آزمون تی (t-Test) در جدول ۳ ارائه شده است و عبارتند از:

نتایج مقایسه میانگین دورهٔ رشد دو سامانهٔ آبیاری سطحی و بارانی نشان داد، دو سامانهٔ یادشده به‌ترتیب با میانگین دورهٔ رشد ۲۲۵ و ۱۶۹ روز، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. میانگین حجم آب کاربردی در مزارعی که به روش سطحی و بارانی آبیاری شدند، به‌ترتیب برابر ۲۰۱۰۴ و ۱۲۱۱۵ مترمکعب در هکتار بود که اختلاف آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود. سالمی و همکاران (۲۱) حجم آب کاربردی پیاز را در روش بارانی، ۱۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش کرده‌اند. همچنین بر اساس این نتایج، اختلاف میانگین عملکرد پیاز در دو روش آبیاری سطحی و بارانی به‌ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۶۴ تن در هکتار گزارش شد که در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اکبری و همکاران (۳)، عملکرد پیاز را در روش بارانی ۶۶ تن در هکتار گزارش کرده‌اند که به نتیجه پژوهش انجام شده نزدیک است. نتایج یادشده نشان داد، عملکرد و حجم آب کاربردی رابطهٔ مستقیم دارند. بر اساس داده‌های جدول ۳، میانگین بهره‌وری آب مصرفی در دو روش آبیاری سطحی و بارانی به‌ترتیب برابر ۳/۸ و ۵/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود و اختلاف در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. این نتایج با نتایج سالمی و همکاران (۲۱) مطابقت دارد. بر اساس نتایج اشاره شده، مقدار بهره‌وری آب مصرفی در روش آبیاری بارانی نسبت به سطحی حدود ۳۹ درصد بیشتر است. قابل‌ذکر است علاوه بر مدیریت آبیاری، عوامل مختلفی مثل نحوهٔ کوددهی، نوع خاک، مدیریت آفات و... می‌تواند در بهره‌وری آب مؤثر باشد، ولی باتوجه‌به اینکه این پژوهش در مزارع زراعین انجام شده است؛ بنابراین تحلیل با فرض یکسان بودن مدیریت در کل مزارع کشاورزان، انجام شده است و مزارع به تفکیک با هم مقایسه نشده‌اند. به‌عبارت‌دیگر در هر دو دسته مزرعه (مزارع آبیاری سطحی و مزارع آبیاری بارانی)، مدیریت‌ها متفاوت بوده است و می‌توان در سطح شهرستان و استان از این اختلاف چشم‌پوشی کرد. مقادیر میانگین میزان انرژی مصرفی آبیاری برای تولید پیاز در مزارعی که به روش سطحی و بارانی آبیاری شدند، به‌ترتیب ۵۴۸۸۸ و۴۰۱۲۴ مگاژول بر هکتار بود و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. علت عدم اختلاف، پراکندگی و تفاوت بین انرژی‌های مصرفی در هر روش آبیاری است که باعث افزایش خطاهای درون‌گروهی شده است. بر اساس نتایج یادشده، میزان انرژی آبیاری برای تولید پیاز در روش آبیاری سطحی

جدول۳. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در آزمون تی (t-Test)

تیمار	سطحی	بارانی	آماری T	p-value
دوره رشد (روز)	۲۲۵/۷ ± ۷۵/۲۵	۱۶۹/۵ ± ۴۴/۶	۱/۹۴	۰/۰۷۱
حجم کاربردی (مترمکعب)	۲۰۱۰۴ ± ۴۷۳۳	۱۲۱۱۵ ± ۱۶۹۵	۴/۹۵۹	۰/۰۰۰
عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۷۶/۴۲ ± ۹	۶۴ ± ۳/۹۴	۳/۹	۰/۰۱
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۳/۸ ± ۰/۶۱	۵/۳ ± ۰/۸	-۴/۰۹	۰/۰۰۱
انرژی آبیاری (مگاژول بر هکتار)	۵۴۸۸۸ ± ۳۳۶۹۱	۴۰۱۲۴ ± ۱۸۰۰۰	۱/۱۷	۰/۲۵۸
بهره‌وری انرژی آبیاری (کیلوگرم بر مگاژول)	۱/۳۹ ± ۱/۵	۱/۶ ± ۱/۶۳	-۰/۰۲۸	۰/۹۷۸

نسبت به بارانی حدود ۳۷ درصد بیشتر است. میزان بهره‌وری انرژی آبیاری در مزارعی که به روش سطحی و بارانی آبیاری شدند، به‌ترتیب ۱/۳۹ و ۱/۶ کیلوگرم بر مگاژول بود و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. دلیل این امر، عملکرد بیشتر و معنی‌دار در روش آبیاری سطحی نسبت به بارانی است که میزان بیشتر انرژی آبیاری برای تولید پیاز را در آبیاری سطحی نسبت به بارانی جبران کرده است. مقادیر بهره‌وری انرژی آبیاری برای تولید پیاز این پژوهش با مقادیر ارائه شده توسط بهشتی و زارعین گشیری (۷) مطابقت دارد.

محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون برخی از پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده

نتایج محاسبهٔ ضرایب همبستگی پیرسون پارامترهای موردنظر در جدول ۴ ارائه شده است. در تنظیم داده‌ها، برای روش آبیاری سطحی شمارهٔ ۱ در نظر گرفته شده است. بر اساس داده‌های جدول ۴ نتایج به‌صورت زیر است:

تغییرات حجم آب کاربردی و تغییرات عملکرد محصول پیاز، غیر هم‌راستا و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. به‌عبارتی در روش آبیاری سطحی، حجم آب کاربردی و عملکرد نسبت به بارانی بیشتر بود. تغییر روش آبیاری و تغییرات بهره‌وری آب، هم‌راستا و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. تغییر روش آبیاری و تغییرات سایر پارامترهای مورد بررسی، معنی‌دار نبود. همچنین تغییرات دورهٔ رشد و پارامترهای مورد بررسی معنی‌دار نبود. تغییرات حجم آب کاربردی با تغییرات بهره‌وری آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و رابطهٔ تغییرات حجم آب کاربردی با تغییرات انرژی آبیاری، مستقیم و با بهره‌وری آب معکوس بود. رابطهٔ تغییرات حجم آب کاربردی با تغییرات بهره‌وری انرژی، غیرمعنی‌دار و معکوس بود.

همچنین نتایج نشان داد، تغییرات عملکرد با تغییرات بهره‌وری آب، انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی معنی‌دار نبود. تغییرات بهره‌وری آب با تغییرات انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی معنی‌دار نبود. تغییرات انرژی آبیاری نیز با تغییرات بهره‌وری انرژی معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب و انرژی پیاز در دو روش آبیاری سطحی و بارانی و در شرایط مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در دو سامانهٔ آبیاری، از آزمون تی (t-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. برای انجام این پژوهش، ۱۷ مزرعه از شهرستان‌های استان اصفهان که

جدول۴. ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی

تیمار	نوع آبیاری	دوره رشد	حجم آب کاربردی	عملکرد	بهره‌وری آب	انرژی آبیاری	بهره‌وری انرژی
نوع آبیاری	۱	-۰/۴۴۸	-۰/۷۸۸**	-۰/۷۱۰**	۰/۷۲۶**	۰/۲۹۱	۰/۰۰۷
دوره رشد		۱	۰/۲۷۴	۰/۰۸۳	-۰/۴۷۷	-۰/۲۷۴	۰/۳۷۷
حجم آب کاربردی			۱	۰/۷۹۷**	-۰/۸۶۹**	۰/۵۶۵*	-۰/۱۲۸
عملکرد				۱	-۰/۴۷۳	۰/۳۶۸	۰/۰۸۶
بهره‌وری آب					۱	-۰/۴۷۵	۰/۱۱۵
انرژی آبیاری						۱	-۰/۷۸۳**
بهره‌وری انرژی							۱

محصول پیاز جزء اولویت‌های کشت آن‌ها بود، انتخاب شد. نتایج و پیشنهادات به‌دست آمده از این پژوهش به شرح زیر است:

در مزارع مورد بررسی رابطهٔ عملکرد پیاز با حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب به‌ترتیب مستقیم و معکوس بود. به‌طوری که در روش آبیاری سطحی و بارانی، میانگین حجم آب کاربردی در مزارع به‌ترتیب ۲۰۱۰۴ و ۱۲۱۱۵ مترمکعب در هکتار و میانگین عملکرد پیاز به‌ترتیب ۷۶/۴ و ۶۴ تن در هکتار بود و همچنین بهره‌وری آب در روش آبیاری سطحی و بارانی به‌ترتیب ۳/۸ و ۵/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود که همهٔ اختلافات موجود از نظر آماری معنی‌دار بودند. باتوجه‌به مقادیر یادشده، حجم آب کاربردی در روش آبیاری سطحی نسبت به آبیاری بارانی ۶۶ درصد بیشتر بود، ولی بهره‌وری آب در این روش آبیاری نسبت به آبیاری بارانی ۲۸ درصد کمتر بود. کاهش میزان حجم آب آبیاری در روش آبیاری بارانی، تأثیری مستقیم بر کاهش مصرف انرژی آبیاری داشت. انرژی مصرفی در روش آبیاری سطحی نسبت به بارانی حدود ۳۷ درصد بیشتر بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده در شرایط مزارع انتخابی، روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش آبیاری سطحی برای کشت محصول پیاز دارای بهره‌وری آب و انرژی بیشتری بود.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی انجام‌گرفته است و در اجرای آن، همکاران گران‌قدری از سازمان جهاد کشاورزی و بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان همکاری مؤثری داشته‌اند. برای این منظور نویسندگان این پژوهش، مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این عزیزان اعلام می‌دارد.

منابع مورداستفاده

1. Abbasi, E. 2015. Prediction of energy consumption by the agricultural sectorof Iran. *Quarterly Journal of Financial Economics*. 9 (32): 81-102. (In Farsi).
2. Ahmadi, K., H. R. Ebadzadeh, F. Hatami, SH. Mohammadnia Afroozi, A. Esfandiaripour and R. Abbas Taghani. 2021. Agricultural statistics for the year 2019-2020. *Ministry of Jihad Agriculture and Vice President of Planning and Economic Affairs, Office of Information and Communication Technology, Volume I: Agricultural Crops* (In Farsi).

3. Akbari, M., A. Mortazavi, M. Nasr Esfahani, M. Zaidi and R. Pashnam. 2003. Comparison of surface and sprinkler irrigation methods on quantitative and qualitative factors in commercial onion cultivars. *Research Agricultural Engineering Research Institute,* 55(274) (In Farsi).
4. Al-Jamal, M.S., S. Ball and T. W. Sammis. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural Water Management*. 46 (3): 253- 266.
5. Almasi, M., S. H. Kiani and N. Lavimi. 2008. Basics of agricultural mechanization. *Hazrat Masoomeh (s) publications, Ghom*, 248 (In Farsi).
6. Anonymous. 2012. Analytical report of fuel consumption optimization company, National Iranian Oil Company. (In Farsi).
7. Beheshti, B. and Y. Zarein Gishiri. 2014. Evaluation of energy indexes for direct and indirect onion planting methods in the Isfahan province. In: *The 3rd international conference on Emerging Trends in Energy Conservation,* 2-3 March 2014, Tehran, Iran. (In Farsi).
8. Beheshti Tabar, I., A. Keyhani, and S. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, 849–855. (In Farsi).
9. FAO. 2002. Irrigation Manual Module 11. Financial and Economic Appraisal of Irrigation Projects. Available online at: https://www.fao.org/home/en/.2024.
10. Hassanzadeh Ghorttapeh, A. and D. Mazaheri. 1996. Evaluation of energy balance in three wheat, potato and rice farms in Flowerjan region of Isfahan. Abstract of articles of the 4th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, Isfahan University of Technology. 309-310. (In Farsi).
11. Hatirli, S. A., B. Ozkan and K. Fert. 2005.An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 9: 608-623.
12. Heidarisoltanabadi, M. 2015. Investigating and determining of energy consumption in two methods of edible onion production. *Iranina journal of Energy*. 18 (1): 17- 28. (In Farsi).
13. Karimzadeh, M., A. Alizadeh, H. Ansari, M. Ghorbani and M. Banayan Aval. 2016. Optimizing water productivity and energy efficiency in selecting crop pattern. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 6 (10): 849- 859. (In Farsi).
14. Kocheki, A. and M. Hosseini. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. *University of Mashhad Publication 299*. (In Farsi).
15. Martin de Santa Olalla, F., A. Dominguez-Padilla and R. Lopez. 2004. Production and quality of the onion (Allium cepa L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*. 68: 77-79.
16. Ministry of Agriculture and Meteorological Organization of the country. 1378. National water document of the country (crop water requirement, cultivation pattern, irrigation efficiency), Tehran, Iran (In Farsi).
17. Molaee, M., M. Khanali and S. A. Mousavi. 2017. Energy flow analysis in crop production- case study of onion production. In: 1st International and 5th National Conference on Organic vs. Conventional Agriculture, 16-17 August 2017, Ardabil, Iran (In Farsi).
18. Naseri, A. 2014. Water efficiency in crop production. *Complex of irrigation extension paper*, 333 (In Farsi).
19. Piri, H. 2018. Effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on onion yield and water use efficiency in three irrigation methods. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture*. 32(2), 187-200. (In Farsi).
20. Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1997. World Vegetable. Champan and Hall. New York, USA. 279-332.
21. Salemi, H., O. Taki, M. Miranzadeh and M. Zaidi. 2016. Measurement of water and energy efficiency in onion row cultivation by drip tape irrigation method in a silty loam soil. *Research Report No. 49694. Agricultural Engineering Research Institute*. (In Farsi).
22. Zooleh, M. 2011. Investigating and determining the irrigation energy required for wheat production in Saujblag city. *National* conference *of new achievements in agriculture*, Qods city, Islamic Azad University, Quds branch. (In Farsi).

Journal of Water and Soil Science
Vol. 27, No. 4, Winter 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Water and Energy Productivity for Onion Irrigated with Sprinkler or Surface Irrigation Methods on Several Farms in Esfahan Province

M. Farzamnia[1*], M. Akbari[2] and M. Heidarisoltanabadi[1]

(Received: June 3-2023 ; Accepted: September 3-2023)

Abstract

The agricultural sector depends largely upon water and energy resources to fulfill sufficient water for producing adequate food for the rapidly growing world's population. It requires great effort to improve water and energy productivity for agricultural products to provide consumers' health as well as environmental protection. In this study, the volume of irrigated water, crop yield, water productivity, and the consumed energy for onion crops irrigated with sprinkler or surface irrigation methods under farmer management were measured and compared. The measurements were recorded from 2020 to 2021, on 17 farms across Esfahan Province where onion was a main crop in the region. The measured data from the foregoing two irrigation methods were statistically analyzed using t-test and Pearson correlation coefficients. The outcomes revealed that the volume of irrigated water as well as crop yield was greater for surface irrigation method compared to sprinkler irrigation, and the differences were statistically significant. Moreover, water productivity for onions irrigated with a sprinkler irrigation system was significantly higher ($p<0.01$) in comparison with onions irrigated with the surface method. In addition, the results indicated a significantly direct correlation between the volume of irrigated water and onion yield, whereas a significantly indirect correlation was observed between the volume of irrigated water and water productivity. A significantly inverse correlation was found between the productivity of energy for irrigation and energy consumption; so, an increase in the energy for irrigation resulted in a decrease in energy productivity. Based on the results of this study, the sprinkler method is more effective than the surface for irrigation of onion.

Keywords: Volume of applied water, Crop yield, Water and energy productivity, Onion

1. Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran.
2. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
*: Corresponding author, Email: masoud_farzamnia@yahoo.com