

اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پیاز در سه منطقه استان فارس

محمدعلی شاهرخ‌نیا^{۱*}، مهدی اکبری^۲ و فریبرز عباسی^۳

چکیده

پیاز یکی از محصولات مهم تولیدی در استان فارس است. تاکنون اطلاعات اندکی در خصوص وضعیت آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پیاز منتشر شده است. از این رو، میزان عملکرد، آب آبیاری، آب کاربردی و بهره‌وری آب در ۳۰ مزرعه در سه شهرستان عمده تولید پیاز در استان فارس اندازه‌گیری و بررسی شد. برای مقایسه آماری نتایج به دست آمده از آزمون تی استفاده شد. میانگین حجم آب آبیاری پیاز در سه شهرستان مورد نظر به ترتیب ۱۵۸۴۸، ۱۴۸۸۸ و ۱۰۵۰۷ مترمکعب در هکتار به دست آمد. میانگین کل حجم آب آبیاری مزارع ۱۳۸۸۰ مترمکعب در هکتار بود. تفاوت حجم آب آبیاری دو شهرستان شیراز و سپیدان از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود؛ اما تفاوت حجم آب آبیاری شهرستان کازرون با هر دو منطقه دیگر بیشتر از ۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده که در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. از نظر عملکرد محصول نیز تفاوت دو شهرستان شیراز و سپیدان کمتر از یک تن در هکتار بود که معنی‌دار نشد؛ اما عملکرد شهرستان کازرون حدود ۱۶ تن در هکتار کمتر از عملکرد شهرستان‌های سپیدان و شیراز بود که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. تفاوت بهره‌وری آب آبیاری در مناطق مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. مقایسه حجم آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص نشان داد که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بیشترین تطابق را با نیاز آبی ناخالص داشته و به‌طور متوسط ۵ درصد بیشتر آبیاری انجام شده بود؛ اما در مزارع تحت آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۷ و ۴۵ درصد آب کمتر از نیاز آبی ناخالص داده شده بود. میزان عملکرد در مزارع پیاز تحت آبیاری سطحی حدود ۲۸ درصد کمتر از عملکرد در مزارع تحت سامانه آبیاری قطره‌ای بود. تفاوت بهره‌وری آب آبیاری بین سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: حجم آب کاربردی، سامانه آبیاری، عملکرد محصول، نیاز آبی.

ارجاع: شاهرخ‌نیا، م. ع. و اکبری، م. ع. و عباسی، ف. ۱۴۰۱. اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پیاز در سه منطقه استان فارس. مجله پژوهش آب ایران. ۴۷: ۱-۱۰. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2022.13937.2412>

۱- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
۲- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- استاد پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: m.shahrokhnia@areco.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲

مقدمه

پیاز یکی از محصولات مهم در کشور و استان فارس است. تولید پیاز در کشور در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ حدود ۲/۴ میلیون تن با سطح زیرکشت ۵۴/۷ هزار هکتار و متوسط عملکرد ۴۴/۳ تن در هکتار بوده است. استان‌های اصلی تولید پیاز در کشور عبارت‌اند از: هرمزگان، جنوب کرمان، فارس، اصفهان، خوزستان، زنجان، خراسان شمالی، آذربایجان شرقی و خراسان رضوی. در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷، سطح زیر کشت پیاز در استان فارس و درصد سطح محصول پیاز این استان از کل سطح تولید کشور به ترتیب حدود ۵۰۰۰ هکتار و ۹ درصد بوده است. ۱۱ درصد تولید محصول پیاز در کشور متعلق به استان فارس است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). پیاز مانند اکثر محصولات سبزی و صیفی به کمبود آب حساس است. پیاز دارای سیستم ریشه‌های سطحی، کم‌عمق و ظریف است و باید به دفعات با مقدار کم آبیاری شود تا رطوبت کافی در دسترس جوانه‌ها قرار گیرد؛ چون رطوبت یکنواخت و مداوم در طول دوره رشد برای رشد پیاز بسیار مفید است. پیاز، نیاز به آبیاری سبک و متناوب دارد. آبیاری بیش از حد علاوه بر کاهش رشد محصول، باعث افزایش هزینه، اتلاف آب، کاهش کارایی مصرف آب و کاهش خاصیت انبارداری محصول می‌شود (روباتزکی و یاماگوچی، ۱۹۹۷). میزان آب آبیاری در پیاز، به روش آبیاری، بافت خاک و اقلیم منطقه بستگی دارد. میزان آب آبیاری پیاز به روش کشت نیز وابسته است، به طوری که آب آبیاری در روش کشت نشانی معمولاً کمتر از کشت مستقیم بذر است (کادافیچی، ۲۰۰۵). ناصری (۱۳۹۳) گزارش داد که آب خالص مورد نیاز پیاز در استان آذربایجان شرقی بین ۱۰۱۰۰-۸۵۷۰ مترمکعب در هکتار و میانگین بهره‌وری آب آن برابر با ۶/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. پیری (۱۳۹۷) در شهرستان زهک، بیشترین مقدار عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را ۲۸/۴۲ تن در هکتار و ۵/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین کرد. کمترین مقادیر این عوامل در آبیاری سطحی و به ترتیب ۱۹ تن در هکتار و ۲/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه توصیه شد. سرهت و سیگدم (۲۰۰۹) نشان دادند که با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ درصد تبخیر از تشک تبخیر، عملکرد پیاز از ۵۱ به ۳۹ تن در هکتار رسید. آياس

(۲۰۱۹) نشان داد که با کم‌آبیاری پیاز، عملکرد محصول کاهش یافت و در دو سال به ترتیب به ۵۲/۲ و ۵۲/۴ تن در هکتار رسید. نتایج مطالعه‌ای در هند نشان داد که حداکثر عملکرد محصول ۳۵/۵ تن در هکتار در روش آبیاری قطره‌ای بود و این تیمار نسبت به آبیاری سطحی حدوداً ۲۹ درصد افزایش عملکرد و ۴۳ درصد صرفه‌جویی در آب داشت (دینگر و پوار، ۲۰۲۰). موگورو و همکاران (۲۰۲۰)، عملکرد پیاز در جنوب اتیوپی در شرایط بدون تنش آبی و ۵۰ درصد کاهش آب را به ترتیب ۲۱/۳ و ۱۲/۹ تن در هکتار گزارش کردند. بیشترین میزان بهره‌وری آب ۲/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. اکبری و همکاران (۱۳۸۲)، نشان دادند که آبیاری سطحی با عملکرد ۹۰ تن در هکتار نسبت به روش بارانی با عملکرد ۶۶ تن در هکتار برتری داشت. تفاوت بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی معنی‌دار نبود. در مطالعه‌ای دوساله در هند، میزان آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای ۶۰۳ و ۵۵۷ میلی‌متر بود که در مقایسه با آبیاری سطحی نزدیک به ۳۰ درصد کاهش داشت. میزان عملکرد محصول پیاز در روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۳۳/۹ و ۲۹/۹ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که در آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب آبیاری پیاز حدود ۶۰ درصد افزایش و از ۳/۴۹ در روش سطحی به ۵/۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری قطره‌ای افزایش یافت (باسکر و همکاران، ۲۰۱۸). در اتیوپی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب محصول پیاز در تیمارهای مختلف تأمین نیاز آبی در سه روش آبیاری شیاری مرسوم، یک‌درمیان متغیر و یک در میان ثابت بررسی شد. بیشترین عملکرد پیاز ۲۸/۵ تن در هکتار در آبیاری شیاری مرسوم و حداکثر بهره‌وری آب ۹/۱ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری شیاری یک‌درمیان متغیر به دست آمد. کمترین عملکرد (۱۶/۴ تن در هکتار) از آبیاری شیاری یک‌درمیان ثابت و کمترین بهره‌وری آب با ۴/۴ کیلوگرم بر مترمکعب از آبیاری شیاری مرسوم به دست آمد (میراتو، ۲۰۱۹). راثو و همکاران (۲۰۱۹)، در هند بیشترین عملکرد پیاز را به میزان ۴۵/۳ تن در هکتار در آبیاری قطره‌ای و کمترین عملکرد آن را به میزان ۲۴/۵ تن در هکتار در آبیاری غرقابی گزارش کردند. حداکثر و حداقل بهره‌وری آب پیاز به ترتیب مربوط به آبیاری قطره‌ای (۱۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب) و سطحی (۴/۱)

رده‌های نیمه‌خشک سرد، نیمه‌مرطوب سرد و نیمه‌خشک معتدل قرار دارند و جزو مناطقی از استان فارس هستند که بیشترین سطح کشت و تولید پیاز استان را دارا هستند. سه منطقه مورد مطالعه و سه نوع سامانه آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. تعداد مزارع انتخابی در هر منطقه و هر سامانه آبیاری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- تعداد مزارع انتخابی در هر منطقه و هر سامانه

آبیاری		منطقه/ نوع سامانه آبیاری		
سطحی	قطره‌ای	بارانی		
۲	۳	۵	شیراز	
۲	۳	۵	سپیدان	
۵	۳	۲	کازرون	

مقادیر آب آبیاری، آب کاربردی (مجموع آبیاری و بارش مؤثر)، عملکرد و بهره‌وری آب به‌عنوان صفات مورد بررسی در سامانه‌های مختلف آبیاری و در مناطق مختلف با استفاده از آزمون آماری تی (t-test) مورد مقایسه قرار گرفت. مزارع از بین کشاورزانی که مایل به همکاری بودند، به صورتی انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله مساحت مزرعه، روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب را پوشش دهند. مدیریت آبیاری توسط بهره‌بردار صورت گرفت و برهمن اساس پارامترهای مختلف مزرعه‌ای شامل دبی آب ورودی به مزرعه، عملکرد محصول، تعداد دفعات آبیاری، موقعیت جغرافیایی و سطح زیر کشت اندازه‌گیری شد. اطلاعات هواشناسی روزانه مورد نیاز برای برآورد نیاز آبی به روش پنمن مانیتیت از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مناطق اخذ شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). برای برآورد نیاز آبی پیاز سه سناریو در نظر گرفته شد. ۱- نیاز آبی از روش پنمن مانیتیت، با استفاده از داده‌های هواشناسی سال انجام تحقیق (۱۳۹۹) ۲- نیاز آبی از روش پنمن مانیتیت، با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال منتهی به زمان انجام پژوهش، ۳- نیاز آبی از سندملی آب (از نرم‌افزار Netwat). در سناریوهای ۱ و ۲ از نرم‌افزار محاسبه‌گر تبخیر و تعرق (ET Calculator) استفاده شد. میانگین راندمان سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد در نظر گرفته (بیورنبرگ، ۲۰۱۳) و نیاز آبی خالص به نیاز آبی ناخالص تبدیل شد. مقادیر دبی آب مزرعه‌ای در سامانه‌های

کیلوگرم بر مترمکعب) بود. بیشترین میزان مصرف آب پیاز در مصر، مربوط به آبیاری شیاری سنتی و کمترین میزان مصرف آب و بیشترین بهره‌وری آب (۷/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب) از روش آبیاری شیاری یک‌درمیان متغیر به‌دست آمد. بهره‌وری آب در آبیاری شیاری سنتی ۵/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود (گریس و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج مطالعه‌ای در اتیوپی نشان داد که حداکثر و حداقل عملکرد محصول پیاز به ترتیب از آبیاری قطره‌ای و سطحی به میزان ۴۱/۷۶ و ۳۴/۴۸ تن بر هکتار به‌دست آمد. بهره‌وری به ترتیب ۱۳/۰۵ و ۶/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (آبومسا و همکاران، ۲۰۲۰). رستگار و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر سه روش آبیاری بر عملکرد پیاز را در نیشابور بررسی کردند. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای نسبت به دو روش آبیاری شیاری و کرتی عملکرد را افزایش داد. بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای به ترتیب حدود ۲۸ و ۵۲ درصد بالاتر از آبیاری شیاری و کرتی بود. میانگین عملکرد در آبیاری قطره‌ای ۷ درصد کمتر از عملکرد در آبیاری شیاری و ۲۷ درصد بیشتر از آبیاری کرتی بود. تحلیل اقتصادی نشان داد که آبیاری قطره‌ای در همه ارقام بهتر از سایر روش‌ها بود. کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نیاز آبی پیاز در استان خراسان رضوی و بهره‌وری آب آن را به ترتیب ۱۱۲۹۳ مترمکعب در هکتار و ۷/۱۱ گیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند.

اگرچه استان فارس یکی از استان‌های مطرح در تولید پیاز کشور است، لیکن تاکنون تحقیقات اندکی در خصوص میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع پیاز این استان انجام شده است. اطلاع از میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پیاز می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران کشوری و استانی کمک کند تا بتوانند به‌طور مؤثرتری هم تولید را افزایش داده و هم در مصرف آب صرفه‌جویی کنند؛ بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی وضعیت مزارع پیاز استان فارس از لحاظ میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب و عوامل اثرگذار بر آن‌ها در شرایط زارعین است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری بهره‌وری آب و اجزای آن در مزارع پیاز استان فارس، ۳۰ مزرعه پیاز در سه شهرستان شیراز، سپیدان و کازرون انتخاب و بررسی شد. این سه منطقه از نظر طبقه‌بندی اقلیمی به ترتیب در

سپیدان و کازرون به ترتیب ۱۵۸۴۸، ۱۴۸۸۸ و ۱۰۵۰۷ مترمکعب در هکتار به دست آمد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط کریمزاده و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد. میانگین کل حجم آب آبیاری مزارع ۱۳۸۸۰ مترمکعب در هکتار بود. با اعمال به ترتیب ۱۱۸، ۳۲۷ و ۱۹۵ میلی‌متر بارندگی مؤثر برای سه منطقه مورد بررسی، میزان متوسط حجم آب کاربردی در مزارع سه منطقه، به ترتیب ۱۷۰۲۸، ۱۸۱۵۸ و ۱۲۴۵۷ مترمکعب در هکتار به دست آمد. میانگین حجم آب کاربردی در سه منطقه مورد بررسی ۱۶۰۵۴ مترمکعب در هکتار بود. ملاحظه می‌شود در شهرستان شیراز که کمترین میزان بارندگی مؤثر را داشته، حجم آب آبیاری بیشتر از دو منطقه دیگر بوده که منطقی به نظر می‌رسد. کمترین میزان حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی متعلق به شهرستان کازرون بوده است. در حالی که بیشترین حجم آب آبیاری در شهرستان شیراز مشاهده شد. بهره‌وری آب آبیاری مزارع پیاز انتخابی از ۲/۱۲ تا ۸/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر و به طور میانگین ۴/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب مربوط به شهرستان کازرون و شیراز بود. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب کل در شهرستان‌های شیراز و سپیدان به دست آمد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط کریمزاده و همکاران (۱۳۹۵)، باسکر و همکاران (۲۰۱۸)، مبراتو و همکاران (۲۰۱۹) و گریس و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد.

جدول ۴ نتایج بررسی آماری تفاوت اجزای مختلف بهره‌وری آب مزارع پیاز در مناطق مختلف را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که تفاوت حجم آب آبیاری دو منطقه شیراز و سپیدان از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبوده و می‌توان از این تفاوت صرف‌نظر کرد؛ اما تفاوت حجم آب آبیاری شهرستان کازرون با هر دو منطقه دیگر بیشتر از ۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده که در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده و قابل توجه است. در خصوص حجم آب کاربردی نیز نتایج آزمون تی مشابه حجم آب آبیاری بود. از نظر عملکرد محصول نیز تفاوت دو شهرستان شیراز و سپیدان کمتر از یک تن در هکتار بود که معنی‌دار نشد؛ اما عملکرد شهرستان کازرون حدود ۱۶ تن در هکتار کمتر از عملکرد شهرستان‌های سپیدان و شیراز بود که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

سطحی با استفاده از فلوم‌های WSC و در سامانه‌های بارانی و قطره‌ای به صورت حجمی اندازه‌گیری شد. میزان آب آبیاری مصرفی در هر هکتار از مزرعه (مترمکعب بر هکتار) با ضرب میزان دبی مزرعه‌ای در مدت زمان کل آبیاری در طول فصل رشد با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد. در رابطه (۱)، V_i حجم آب آبیاری در طول فصل رشد بر حسب مترمکعب در هکتار، Q دبی آب ورودی به مزرعه بر حسب مترمکعب بر ثانیه، t مدت زمان هر آبیاری بر حسب ثانیه و m تعداد دفعات آبیاری است. میزان بهره‌وری آب آبیاری (WP_i) با استفاده از رابطه (۲) از تقسیم میزان محصول تر تولیدی (Y) بر حسب کیلوگرم در هکتار بر میزان آب آبیاری (V_i) بر حسب مترمکعب در هکتار به دست آمد.

$$V_i = Q \cdot t \cdot m \quad (1)$$

$$WP_i = \frac{Y}{V_i} \quad (2)$$

مجموع مقادیر آب آبیاری و بارش مؤثر محاسبه و با نیاز آبی ناخالص به دست آمده از سه سناریوی نیاز آبی مقایسه شد. در نهایت با جمع‌بندی نتایج به دست آمده از تفاوت مقادیر عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب، پیشنهادهایی برای بهبود تولید و آبیاری پیاز ارائه شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ مشخصات کلی مزارع پیاز انتخابی و عملکرد محصول این مزارع را نشان می‌دهد. مساحت مزارع انتخابی از ۰/۶ هکتار تا ۱۰ هکتار و به طور متوسط ۲ هکتار بود. طول دوره رشد پیاز در مناطق مورد بررسی از ۱۱۴ تا ۲۳۲ روز متفاوت بود. متوسط طول دوره رشد پیاز در سه منطقه، ۱۷۳ روز بود. حداقل، حداکثر و میانگین دبی مزارع انتخابی به ترتیب ۴، ۳۵/۴ و ۱۲/۷ لیتر بر ثانیه به دست آمد. حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد محصول در سه منطقه مورد بررسی به ترتیب حدود ۳۴، ۸۶ و ۵۸ تن در هکتار به دست آمد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط سرهت و سیگدم (۲۰۰۹)، آیاس و همکاران (۲۰۱۹) و آمبوسا و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد. جدول ۳ مقادیر پارامترهای آبیاری اندازه‌گیری شده در مزارع پیاز مورد بررسی را در مناطق مختلف استان فارس نشان می‌دهد. میانگین عمق و تعداد دفعات آبیاری در مناطق مورد بررسی به ترتیب ۴۳ میلی‌متر و ۳۵ مرتبه بود. میانگین حجم آب آبیاری پیاز در سه شهرستان شیراز،

بررسی قرار داد که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد. تفاوت حجم آب آبیاری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی حدود ۸۰۰ مترمکعب در هکتار بود که از نظر آماری معنی‌دار نشد. تفاوت حجم آب آبیاری بین آبیاری سطحی و قطره‌ای (۳۱۰۰ مترمکعب در هکتار)، و بین آبیاری سطحی و بارانی (۲۳۰۰ مترمکعب در هکتار) از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد، لیکن در سطح حدود ۶ درصد معنی‌دار شد. تفاوت حجم آب کاربردی در سامانه‌های آبیاری مختلف از نظر آماری در سطح ۵ درصد و حتی در سطح ۱۰ درصد نیز معنی‌دار نشد. جدول ۵ نشان می‌دهد که میانگین عملکرد محصول در سامانه‌های آبیاری بارانی، سطحی و قطره‌ای به ترتیب حدود ۶۲، ۴۴ و ۶۱ تُن در هکتار بود؛ بنابراین تفاوت عملکرد بین سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای حدود ۱ تُن در هکتار بود که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نشد؛ اما تفاوت عملکرد بین آبیاری سطحی و قطره‌ای (۱۷ تُن در هکتار) و بین آبیاری سطحی و بارانی (۱۸ تُن در هکتار) به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد؛ بنابراین میزان محصول تولیدی در مزارع پیاپی تحت آبیاری سطحی افت شدیدی نسبت به مزارع تحت سامانه‌های آبیاری مدرن داشته است. تفاوت میزان بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در سامانه‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی، سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۴/۵۵، ۳/۷۸ و ۴/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین بهره‌وری آب کاربردی در این سه سامانه آبیاری به ترتیب ۳/۹۳، ۳/۱۷ و ۳/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

با وجود متفاوت بودن حجم آب آبیاری و عملکرد محصول، تفاوت بهره‌وری آب آبیاری در مناطق مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. چون با تغییر میزان آب آبیاری، میزان عملکرد نیز با نزخی مشابه کاهش یافته است. با استدلال مشابه، تفاوت بهره‌وری آب کل نیز در مناطق مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار نشد. به‌طور کلی، نوع سامانه آبیاری مورد استفاده در مزارع، می‌تواند بر میزان حجم آبیاری و در نتیجه میزان عملکرد و بهره‌وری آب اثرگذار باشد. جدول ۵ و ۶ حدود پارامترهای اندازه‌گیری شده مزارع پیاپی انتخابی براساس نوع سامانه آبیاری را نشان می‌دهد. جدول ۷، نتایج بررسی آماری تفاوت بین اجزای بهره‌وری آب در سامانه‌های مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که دفعات آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بیشترین و در آبیاری سطحی کمترین تعداد را داشته است. متوسط عمق آب آبیاری در هر نوبت در سامانه آبیاری قطره‌ای، کمتر از دو نوع سامانه آبیاری دیگر بود. معمولاً مورد انتظار است که میزان حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کمتر از سامانه‌های آبیاری بارانی و در سامانه‌های آبیاری بارانی کمتر از آبیاری سطحی باشد؛ چون معمولاً راندمان آبیاری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بیشتر از آبیاری بارانی و در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری سطحی است؛ اما اندازه‌گیری‌ها نشان داد که حجم آب آبیاری داده شده در مزارع تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (۱۴۹۳۵ مترمکعب در هکتار) بیشتر از آبیاری بارانی (۱۴۱۵۷ مترمکعب در هکتار) و بیشتر از آبیاری سطحی (۱۱۸۵۱ مترمکعب در هکتار) بوده است. برای یافتن علت این تفاوت‌ها، بایستی تفاوت حجم آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص را نیز مورد

جدول ۲- مشخصات کلی و عملکرد مزارع پیاپی مورد بررسی

منطقه	پارامتر	دبی (لیتر بر ثانیه)	مساحت مزرعه (هکتار)	طول دوره رشد (روز)	عملکرد محصول (تُن در هکتار)
شیراز	حداقل	5/5	0/8	129	36/3
	حداکثر	35/4	10/0	198	86/3
	میانگین	18/0	2/3	166	62/2
سپیدان	حداقل	4/0	1/0	114	38/5
	حداکثر	25/3	4/5	226	84/5
	میانگین	11/4	2/6	171	63/0
کازرون	حداقل	4/0	0/6	152	34/0
	حداکثر	16/0	2/5	232	56/3
	میانگین	8/3	1/1	183	46/6
مجموع مزارع	میانگین	12/7	2/0	173	57/8

جدول ۳- پارامترهای آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پیاز براساس منطقه

منطقه	پارامتر	عمق آبیاری هر نوبت (میلی‌متر)	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)
شیراز	حداقل	31	19	10138	11318	1/99
	حداکثر	89	48	18144	19324	7/62
	میانگین	52	32	15848	17028	3/84
سپیدان	حداقل	26	22	11232	14502	2/16
	حداکثر	69	70	18144	21414	5/46
	میانگین	43	38	14888	18158	3/48
کازرون	حداقل	19	23	10022	11972	2/83
	حداکثر	45	60	11520	13470	4/59
	میانگین	32	36	10507	12457	3/74
مجموع	میانگین	43	35	13880	16054	3/68

جدول ۴- نتایج بررسی آماری آب کاربردی و بهره‌وری آب توسط آزمون t براساس منطقه

پارامتر	منطقه	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	(شیراز-سپیدان)	۹۶۰	۲/۰۸	۰/۹۰	۰/۳۷۷
	(شیراز-کازرون)	۵۳۴۱	۲/۲۰	۶/۷۰	۰/۰۰۰
	(سپیدان-کازرون)	۴۳۸۱	۲/۱۸	۵/۹۶	۰/۰۰۰
حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	(شیراز-سپیدان)	-۱۱۳۰	۲/۰۸	۱/۶۰	۰/۳۰۰
	(شیراز-کازرون)	۴۵۷۱	۲/۲۰	۵/۷۴	۰/۰۰۰
	(سپیدان-کازرون)	۵۷۰۱	۲/۱۸	۷/۷۶	۰/۰۰۰
عملکرد (تن در هکتار)	(شیراز-سپیدان)	-۰/۷	۲/۰۸	۰/۱۱	۰/۹۱۴
	(شیراز-کازرون)	۱۵/۷	۲/۱۱	۳/۱۱	۰/۰۰۶
	(سپیدان-کازرون)	۱۶/۴	۲/۱۱	۲/۷۴	۰/۰۱۴
بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	(شیراز-سپیدان)	-۰/۱۳	۲/۰۹	۰/۲۰	۰/۸۴۶
	(شیراز-کازرون)	-۰/۲۹	۲/۱۳	۰/۴۹	۰/۶۳۰
	(سپیدان-کازرون)	-۰/۱۶	۲/۰۹	۰/۳۵	۰/۷۳۲
بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر مترمکعب)	(شیراز-سپیدان)	۰/۳۵	۲/۱۱	۰/۶۵	۰/۵۲۵
	(شیراز-کازرون)	۰/۰۹	۲/۱۳	۰/۱۹	۰/۸۵۶
	(سپیدان-کازرون)	-۰/۲۶	۲/۰۹	۰/۶۸	۰/۵۰۲

جدول ۵- حدود پارامترهای آبیاری مزارع پیاز براساس سامانه آبیاری

منطقه	پارامتر	دبی (لیتر بر ثانیه)	عمق آبیاری هر نوبت (میلی‌متر)	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)
بارانی	حداقل	4/0	19	19	10138	11318
	حداکثر	35/4	89	60	18144	20852
	میانگین	15/2	44	36	14157	16288
سطحی	حداقل	7/5	23	22	10080	12030
	حداکثر	16/0	69	45	15444	18714
	میانگین	10/9	44	29	11851	14178
قطره‌ای	حداقل	4/0	26	28	10022	11972
	حداکثر	16/8	60	70	18144	21414
	میانگین	9/4	40	39	14935	17069
مجموع	میانگین	12/7	43	35	13880	16054

جدول ۶- حدود پارامترهای عملکرد و بهره‌وری آب مزارع پياز براساس سامانه آبياري

منطقه	پارامتر	طول دوره رشد (روز)	عملکرد (تن در هکتار)	بهره‌وری آب آبياري (کيلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب کل (کيلوگرم بر مترمکعب)
باراني	حداقل	114	38/5	3/18	2/56
	حداکثر	232	86/3	8/51	7/62
	میانگین	169	62/0	4/55	3/93
سطحي	حداقل	150	34/0	2/62	2/16
	حداکثر	182	58/0	5/43	4/57
	میانگین	162	43/9	3/78	3/17
قطره‌اي	حداقل	140	36/3	2/12	1/99
	حداکثر	232	83/8	5/49	4/59
	میانگین	189	60/6	4/18	3/61
مجموع	میانگین	173	57/8	4/28	3/68

جدول ۷- تفاوت آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب براساس نوع سامانه آبياري

پارامتر	نوع سامانه آبياري	میانگین تفاوت	t بحراني	مقدار t	سطح معنی‌داری
حجم آب آبياري	(باراني-سطحي)	۲۳۰۶	۲/۱۶	۲/۰۲	۰/۰۶۴
	(قطره‌اي-سطحي)	۳۰۸۴	۲/۱۴	۲/۰۷	۰/۰۵۸
	(قطره‌اي-باراني)	۷۷۸	۲/۱۴	۰/۵۷	۰/۵۸۰
حجم آب کاربردی	(باراني-سطحي)	۲۱۱۰	۲/۲۳	۱/۵۸	۰/۱۴۵
	(قطره‌اي-سطحي)	۲۸۹۰	۲/۱۴	۱/۶۹	۰/۱۱۲
	(قطره‌اي-باراني)	۷۸۰	۲/۱۶	۰/۵۴	۰/۵۹۶
عملکرد	(باراني-سطحي)	۱۸/۰	۲/۱۱	۳/۶۳	۰/۰۰۲
	(قطره‌اي-سطحي)	۱۶/۶	۲/۱۶	۲/۴۰	۰/۰۳۲
	(قطره‌اي-باراني)	-۱/۳۹	۲/۱۴	۰/۲۰	۰/۸۴۳
بهره‌وری آب آبياري	(باراني-سطحي)	۰/۷۷	۲/۰۹	۱/۵۶	۰/۱۳۶
	(قطره‌اي-سطحي)	۰/۴۰	۲/۱۴	۰/۷۸	۰/۴۴۸
	(قطره‌اي-باراني)	-۰/۳۷	۲/۰۹	۰/۶۸	۰/۵۰۱
بهره‌وری آب کاربردی	(باراني-سطحي)	۰/۷۶	۲/۰۹	۱/۸۱	۰/۰۸۶
	(قطره‌اي-سطحي)	۰/۴۴	۲/۱۵	۱/۰۶	۰/۳۰۶
	(قطره‌اي-باراني)	-۰/۳۲	۲/۰۷	۰/۷۴	۰/۴۶۵

بلندمدت (۱۲۲۱ میلی‌متر) بوده است. در جدول ۹، نتایج بررسی آماری تفاوت حجم آب آبياري داده‌شده نسبت به نیاز آبی ناخالص برآوردشده از سه سناریوی مختلف در مناطق مورد بررسی آورده شده است. در شهرستان شیراز حجم آب آبياري داده‌شده به ترتیب ۱۰۰۳ و ۷۲۳ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت بوده که این تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. در شهرستان سپیدان این تفاوت‌ها به ترتیب ۱۴۶۰ و ۱۵۰ مترمکعب در هکتار بود که از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. در شهرستان کازرون حجم آب

مقادیر نیاز آبی خالص پياز در مناطق مورد بررسی براساس سناریوهای مختلف نیاز آبی در جدول ۸ آورده شده است. ملاحظه می‌شود که در هر سه سناریوی نیاز آبی، بیشترین و کمترین نیاز آبی خالص پياز به ترتیب مربوط به شهرستان شیراز و سپیدان بوده است. نیاز آبی خالص یک‌ساله بیشترین و نیاز آبی خالص براساس سند ملی آب کمترین مقادیر را داشته‌اند؛ البته تفاوت نیاز آبی خالص یک‌ساله و بلندمدت زیاد نبوده، ولی میانگین نیاز آبی خالص برآوردشده از سند ملی آب (۷۰۰ میلی‌متر)، خیلی کمتر از دو سناریوی یک‌ساله (۱۲۸۸ میلی‌متر) و

معنی‌دار شد. در آبیاری قطره‌ای، حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت به ترتیب ۵۹۸ و ۱۳۳۲ مترمکعب در هکتار بیشتر بود که این تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد؛ بنابراین می‌توان گفت در سال انجام تحقیق، متوسط حجم آب آبیاری داده‌شده به مزارع تحت سامانه آبیاری قطره‌ای، تقریباً به اندازه مورد نیاز بوده (۵ درصد بیشتر) و در مزارع تحت آبیاری سطحی کم‌آبیاری نسبتاً شدیدی (۴۵ درصد) انجام شده است. در مزارع تحت سامانه آبیاری بارانی به‌طور متوسط حدود ۱۷ درصد کم‌آبیاری انجام شده بود. به‌طور میانگین، حجم آب آبیاری داده‌شده در سامانه‌های آبیاری مختلف، ۱۷ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله بود. درصد تفاوت حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی، سطحی و قطره‌ای، به ترتیب ۱۳ درصد کمتر، ۴۱ درصد کمتر و ۱۰ درصد بیشتر و به‌طور متوسط ۱۲ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت بود. به‌طور متوسط حجم آب آبیاری حدود ۶۷ درصد بیشتر از نیاز آبی ناخالص از سند ملی آب بود.

آبیاری به ترتیب ۸۴۲۷ و ۷۳۰۹ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص بوده که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. یعنی مزارع پیاز این منطقه آب مورد نیاز را دریافت نکرده بودند؛ به‌طور کلی در مجموع مزارع پیاز انتخابی، حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت به ترتیب ۳۴۱۹ و ۲۵۱۱ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. با توجه به برآورد خیلی کم نیاز آبی پیاز از سند ملی آب، حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص برآوردشده به این روش بیشتر شد. جدول ۱۰ نتایج بررسی آماری تفاوت حجم آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص در سامانه‌های مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. در سامانه‌های آبیاری بارانی، حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت به ترتیب ۲۹۳۵ و ۲۱۵۵ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در مزارع تحت آبیاری سطحی، حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت به ترتیب ۹۷۱۳ و ۸۳۱۸ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت‌ها نیز در سطح ۱ درصد

جدول ۸- مقادیر نیاز آبی خالص پیاز در مناطق مورد مطالعه

شهرستان	سند ملی	پنمن مانتیث یک‌ساله	پنمن مانتیث بلندمدت
شیراز	۱۰۸۵	۱۳۲۴	۱۳۰۲
سپیدان	۴۹۵	۱۲۲۶	۱۱۲۸
کازرون	۵۲۱	۱۳۲۱	۱۲۴۳
میانگین	۷۰۰	۱۲۸۸	۱۲۲۱

جدول ۹- نتایج بررسی تفاوت آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص مزارع پیاز براساس منطقه

منطقه	پارامتر	میانگین تفاوت (مترمکعب در هکتار)	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
شیراز	آب آبیاری-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۱۰۰۳	۲/۲۳	۰/۹۹	۰/۳۴۵
	آب آبیاری-پنمن مانتیث بلندمدت	-۷۲۳	۲/۲۳	۰/۷۲	۰/۴۸۹
	آب آبیاری-سند ملی	۲۰۳۹	۲/۲۳	۲/۱۲	۰/۰۶۰
سپیدان	آب آبیاری-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۱۴۵۹	۲/۲۰	۱/۳۵	۰/۲۰۵
	آب آبیاری-پنمن مانتیث بلندمدت	-۱۵۲	۲/۲۰	۰/۱۵	۰/۸۸۷
	آب آبیاری-سند ملی	۸۲۸۸	۲/۲۰	۱۰/۰۴	۰/۰۰۰
کازرون	آب آبیاری-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۸۴۲۷	۲/۲۶	۷/۸۱	۰/۰۰۰
	آب آبیاری-پنمن مانتیث بلندمدت	-۷۳۰۹	۲/۲۶	۷/۲۰	۰/۰۰۰
	آب آبیاری-سند ملی	۳۰۳۹	۲/۲۶	۶/۹۲	۰/۰۰۰
مجموع	آب آبیاری-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۳۴۱۹	۲/۰۴	۴/۱۰	۰/۰۰۰
	آب آبیاری-پنمن مانتیث بلندمدت	-۲۵۱۱	۲/۰۴	۳/۱۳	۰/۰۰۴
	آب آبیاری-سند ملی	۴۶۱۴	۲/۰۴	۶/۹۳	۰/۰۰۰

جدول ۱۰- نتایج بررسی تفاوت آب کاربردی و نیاز آبی ناخالص مزارع پیاز براساس سامانه آبیاری

نوع سامانه	پارامتر	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی داری
بارانی	آب آبیاری-پنمن مانیتیت یکساله	-۲۹۵۳	۲/۱۲	۴/۲۷	۰/۰۰۱
	آب آبیاری-پنمن مانیتیت بلندمدت	-۲۱۵۵	۲/۱۲	۳/۱۴	۰/۰۰۶
	آب آبیاری-سند ملی	۳۸۱۴	۲/۱۲	۳/۹۸	۰/۰۰۱
سطحی	آب آبیاری-پنمن مانیتیت یکساله	-۹۷۱۳	۲/۴۵	۸/۱۲	۰/۰۰۰
	آب آبیاری-پنمن مانیتیت بلندمدت	-۸۳۱۸	۲/۴۵	۶/۶۲	۰/۰۰۱
	آب آبیاری-سند ملی	۳۲۹۲	۲/۴۵	۳/۳۴	۰/۰۱۶
قطره‌ای	آب آبیاری-پنمن مانیتیت یکساله	۵۹۸	۲/۳۱	۰/۴۷	۰/۶۵۲
	آب آبیاری-پنمن مانیتیت بلندمدت	۱۳۳۲	۲/۳۱	۱/۰۵	۰/۳۲۳
	آب آبیاری-سند ملی	۷۱۵۴	۲/۳۱	۶/۱۶	۰/۰۰۰

نتیجه‌گیری

مورد بررسی، کمتر از میزان نیاز آبی ناخالص آبیاری شده بودند که باعث شده بود دچار کاهش محصول شوند؛ اما چون تغییرات حجم آبیاری با تغییرات محصول تقریباً متناسب بود، تغییرات بهره‌وری آب از نظر آماری معنی‌دار نبود. پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزی آبیاری که تعیین دقیق زمان و مقدار آبیاری است، در مزارع پیاز اعمال شود تا عملکرد کاهش نیابد. همچنین در شرایط کمبود منابع آبی، با کم‌آبیاری کنترل‌شده می‌توان با مصرف آب کمتر، از کاهش زیاد عملکرد جلوگیری کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس در انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

- احمدی ک.، عبادزاده ح.، حاتمی ف.، عبدشاه ه. و کاظمیان ا. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد اول: محصولات زراعی.
- اکبری م.، مرتضوی ا.، نصرافهانی م.، زیدی م. و پاشنام ر. ۱۳۸۲. مقایسه روش‌های آبیاری سطحی و بارانی روی عوامل کمی و کیفی در ارقام تجارتهی پیاز. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۵۵/۲۷۴. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.
- پیری ح. ۱۳۹۷. تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد پیاز و بهره‌وری مصرف آب در

نتایج کلی به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که انتظار می‌رفت حجم آب آبیاری داده‌شده در مزارع پیاز تحت سامانه‌های آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری بارانی و در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری قطره‌ای باشد، اما نتایج به‌دست‌آمده متفاوت بود. تفاوت حجم آب داده‌شده در مزارع پیاز تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی معنی‌دار نبود. حجم آب آبیاری در آبیاری بارانی و قطره‌ای بیشتر از آبیاری سطحی بود که دلیل آن کم‌آبیاری در مزارع تحت آبیاری سطحی بود. مقایسه حجم آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص نشان داد که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بیشترین تطابق را با نیاز آبی ناخالص داشته و به‌طور متوسط ۵ درصد بیشتر آبیاری انجام شده بود؛ اما در مزارع تحت آبیاری بارانی و سطحی، به‌ترتیب ۱۷ و ۴۵ درصد آب کمتر از نیاز آبی ناخالص داده شده بود؛ بنابراین میزان عملکرد در مزارع پیاز تحت آبیاری سطحی حدود ۲۸ درصد کمتر از عملکرد در مزارع تحت سامانه آبیاری قطره‌ای بود. بین عملکرد مزارع تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی تفاوت ناچیزی وجود داشت. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین مقادیر بهره‌وری آب بین سامانه‌های مختلف آبیاری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. از نظر منطقه مورد مطالعه، تفاوت حجم آب آبیاری در شهرستان‌های شیراز و سپیدان معنی‌دار نبود؛ اما حجم آب آبیاری داده‌شده در شهرستان کازرون به‌طور معنی‌داری از دو منطقه دیگر کمتر بود؛ بنابراین میزان عملکرد پیاز در شهرستان کازرون به‌طور معنی‌داری از دو منطقه دیگر کمتر شد. بین بهره‌وری آب در مناطق مختلف نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد؛ بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که بیشتر مزارع پیاز

- (*Allium cepa* L.) in Turkey. *Agricultural Water Management*. 72: 59-68.
15. Mebrahtu Y. 2019. Effect of deficit irrigation and furrow irrigation techniques on onion water productivity and yield. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*. 6(2): 1-12.
 16. Mugoro T. Assefa S. and Getahun A. 2020. Effect of Deficit Irrigation on Yield and Water Productivity of Onion (*Allium cepa* L.) under Conventional Furrow Irrigation System, in Bennatsemay Woreda, Southern Ethiopia. *Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 1(1): 2-13.
 17. Rao K. V. R. Gangwar S. Aherwar P. and Yadav D. 2019. Growth, yield, economics and water use efficiency of onion under different micro irrigation systems. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 8(3): 3866-3869.
 18. Rubatzky V. E. and Yamaguchi M. 1997. *World Vegetable*. Champan and Hall. New York, USA. 279-332.
 19. Serhat A. and Cigdem D. 2009. Deficit irrigation effects on onion (*Allium cepa* L. cv. E. T. Grano 502) yield in unheated greenhouse condition. *J Food Agric Environ*. 7(3): 239-243.
- ۳۲(۲): ۱۸۷-۲۰۰. *مجله پژوهش آب در کشاورزی*. سه روش آبیاری.
 ۴. رستگار ج. باغانی ج. و زارع ش. ۱۳۸۷. بررسی فنی و اقتصادی سه روش مختلف آبیاری (قطره‌ای، شیاری و کرتی) و اثر آن بر عملکرد کمی ارقام روزبلند پیاز خوراکی در نیشابور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۵۳ ص.
 ۵. کریم‌زاده م. علیزاده ا. انصاری ح. قربانی م. و بنیان اول م. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی بهره‌وری آب و کارایی انرژی در انتخاب الگوی کشت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰(۶): ۸۴۹-۸۵۹.
 ۶. ناصری ا. ۱۳۹۳. بهره‌وری آب در تولید محصولات زراعی. مجموعه نگاشت‌های ترویجی آبیاری. ۲۳۳ ص.
 7. Allen R. G. Pereira L. S. Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 p.
 8. Ambomsa A. Seyoum T. and Hordofa T. 2020. Effect of Irrigation Methods and Irrigation Levels on Yield and Water Productivity of Onion at Awash Melkasa, Ethiopia. *Industrial Engineering*. 4(2): 33-42.
 9. Ayas S. 2019. Water-Yield Relationships in Deficit Irrigated Onion. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*., 7(9): 1310-1320.
 10. Bhasker P. Singh R. K. Gupta R. C. Sharma H.P. and Gupta P.K. 2018. Effect of drip irrigation on growth and yield of onion. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 27(1): 32-37.
 11. Bjerneberg D. L. 2013. *Irrigation methods*. USDA Agricultural Research Service. Kimberly. ID. USA.
 12. Dingre S. K. and Pawar D. D. 2020. Response of drip irrigated onion (*Allium cepa* L.) growth, yield and water productivity under deficit irrigation schedules. *Journal of Natural Resource Conservation and Management*. 1(1): 69-75.
 13. Geris L. S. M. El-Shahawi T. A. and Moursi E. A. 2021. Cut-off irrigation as an effective tool to increase water-use efficiency, enhance productivity, quality and storability of some onion cultivars. *Agricultural Water Management*. 244: 106589.
 14. Kadayifci A. Tuylu G. I. Ucar Y. and Cakmak B. 2005. Crop water use of onion